

THÈSE
POUR LE
DOCTORAT EN MÉDECINE
(Diplôme d'État)

PAR
Claude LEHINGUE

Né le 3 Septembre 1921, à Paris

Présentée et soutenue publiquement le 1^{er} juillet 1949

**LA FATIGUE VISUELLE DU PRATICIEN
EN STOMATOLOGIE ET EN CHIRURGIE
DE SPÉCIALITÉ**

(Eclairage et Ambiance de Travail)

Président : M. DECHAUME, Professeur

FACULTE DE MÉDECINE DE PARIS

Nom du Candidat : LEHINGUE

Prénoms : Claude Maurice

Date de la soutenance : 1^{er} juillet 1949

Numéro d'ordre : 679

1

LEHINGUE (Claude - Maurice). — La fatigue visuelle du praticien en Stomatologie et en Chirurgie de spécialité (éclairage et ambiance de travail). — Paris, 56 p., 1949, in-8°.
(Th. méd. (Et.), Paris, 1949 - N° 679.)

2

LEHINGUE (Claude - Maurice). — La fatigue visuelle du praticien en Stomatologie et en Chirurgie de spécialité (éclairage et ambiance de travail). — Paris, 56 p., 1949, in-8°.
(Th. méd. (Et.), Paris, 1949 - N° 679.)

3

LEHINGUE (Claude - Maurice). — La fatigue visuelle du praticien en Stomatologie et en Chirurgie de spécialité (éclairage et ambiance de travail). — Paris, 56 p., 1949, in-8°.
(Th. méd. (Et.), Paris, 1949 - N° 679.)

4

LEHINGUE (Claude - Maurice). — La fatigue visuelle du praticien en Stomatologie et en Chirurgie de spécialité (éclairage et ambiance de travail). — Paris, 56 p., 1949, in-8°.
(Th. méd. (Et.), Paris, 1949 - N° 679.)

FACULTÉ de MEDECINE de PARIS

DOYENS HONORAIRES

MM. BALTHAZARD, BAUDOUIN.

PROFESSEURS HONORAIRES

MM. AUBERTIN, BALTHAZARD, BASSET, BAUDOUIN, BRINDEAU, E. BRUMPT, CARNOT, CHEVASSU, CHIRAY, CLERC, DELBET, GUILLAIN, HARTMANN, HEITZ-BOYER, LAIGNEL-LAVASTINE, LAUBRY, LEMIERRE, LHERMITTE, LOEPER, MARION, MATHIEU, MULON, OMBRÉDANNE, ROUVIÈRE, SANNIÉ, SÉBILEAU, SÉZARY, TANON.

Doyen..... Léon BINET,
membre de l'Institut.

Assesseur Jean VERNE.

I. — PROFESSEURS

MM.

Anatomie	OLIVIER (E.).
Anatomie pathologique	LEROUX (R.).
Assistance médico-sociale	N...
Bactériologie	GASTINEL (P.).
Biologie médicale	VERNE (J.).
Chimie médicale	POLONOVSKI (M.).
Clinique de cardiologie	DONZELOT (E.).
Cliniques chirurgicales	BROCQ (P.).
	CADENAT (F.-M.).
	MONDOR (H.).
	QUENU (J.).
Clinique chirurgicale infantile et d'orthopédie	N...
Clinique chirurgicale orthopédique	MERLE-D'AUBIGNÉ.
Clinique gynécologique	MOCQUOT (P.).
Clinique des maladies cutanées et syphilitiques	GOUGEROT (H.).
Clinique des maladies des enfants	DEBRE (R.).
Clinique des maladies infectieuses	MOLLARET (P.).
Clinique des maladies mentales et de l'encéphale	DELAY (J.).
Clinique des maladies du sang	CHEVALLIER (P.).
Clinique des maladies du système nerveux..	ALAJOUANINE (T.).
Cliniques médicales	BENARD (H.).
	LAROCHE (G.).
	HARVIER (P.).
	LIAN (C.).
Clinique médicale propédeutique	Pasteur VALLERY-RADOT (L.).
Clinique de neuro-chirurgie	PETIT-DUTAILLIS (D.).
Cliniques obstétricales	LANTUEJOL (P.).
	LÉVY-SOLAL (E.).
	PORTES (L.).
Clinique ophtalmologique	VELTER (E.).
Clinique oto-rhino-laryngologique	LEMAITRE (F.).
Clinique physio-pathologique des problèmes alimentaires (chaire à titre personnel)	RICHET (C.).
Clinique psychiatrique infantile	HEUYER (C.).
Clinique de puériculture	LELONG (M.).
Clinique stomatologique	DECHAUME (M.).
Clinique thérapeutique chirurgicale	SÈNÈQUE (J.).
Clinique thérapeutique médicale	CHABROL (E.).
Clinique de la tuberculose	BERNARD (E.).

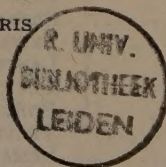
Clinique urologique	FEY (B.).
Embryologie	GIROUD (A.).
Histoire de la médecine et de la chirurgie....	BARIETY (M.).
Histologie.....	CHAMPY (C.).
Hydrologie thérapeutique et climatologie....	JUSTIN-BESANÇON (L.).
Hygiène et clinique de la première enfance..	CATHALA (J.).
Hygiène et médecine préventive	JOANNON (G.).
Médecine du travail.....	DESOILLE (H.).
Médecine légale.....	PIEDELÈVRE (R.).
Parasitologie et histoire naturelle médicale..	GALLIARD (H.).
Pathologie chirurgicale	DE GAUDART D'ALLAINES (F.).
Pathologie exotique	LAVIER (G.).
Pathologie expérimentale et comparée.....	LEMAIRE (A.).
Pathologie médicale	MOREAU (R.).
Pathologie et thérapeutique générales.....	DE GENNES (L.).
Pharmacologie et matière médicale.....	HAZARD (R.).
Physiologie	BINET (L.).
Physique médicale	STROHL (A.).
Radiologie médicale	DESGREZ (H.).
Rhumatologie	COSTE (F.).
Technique chirurgicale	MOULONGUET (P.).
Thérapeutique	TURPIN (R.).

PROFESSEURS SANS CHAIRE

BULLIARD (*Histologie*), CORDIER (*Anatomie*), DOGNON (*Physique médicale*), HALPHEN (O.R.L.), JAYLE M. (*Chimie médicale*), Mlle J. LÉVY (*Pharmacologie*).

II. — AGREGES EN EXERCICE

Anatomie :	Parasitologie :
MM. N..., DEIMAS, N... DEBEYRE.	M. BRUMPT (L.-C.).
Anatomie pathologique :	Pathologie chirurgicale :
M. DELARUE, Mlle GAUTHIER-VILLARS.	MM. FÈVRE, HUGUIER, LÉGER.
Bactériologie :	Pathologie chirurgicale :
MM. BONNET, FASQUELLE.	MM. PADOVANI, PATEL, ROUX,
Biochimie médicale :	RUDLER, SICAR, N...
MM. ETTORI, SCHAPIRA.	Pathologie expérimentale :
Dermato-Syphiligraphie :	M. MERKLEN.
M. DEGOS.	Pathologie médicale :
Histologie :	MM. BROUET, CACHERA, DECOURT,
MM. COUJARD, DESCLAUX.	DREYFUS (Gilbert), FAUVERT,
Hydrologie :	GARCIN, HAMBURGER, KOURILSKY,
M. DEBRAY.	LAMY, LENÈGRE, MARCHAL, MAURIC, SOULIÉ.
Hygiène :	Pédiatrie :
MM. BOYER, DEPARIS	MM. LAPLANE, MARIE (Julien).
Médecine légale :	Pharmacologie :
M. DEROBERT.	M. CHEYMOL.
Neurochirurgie :	Physiologie :
M. PUECH.	MM. BARGETON, PARROT.
Neurologie :	Physique médicale :
M. DE SÈZE.	M. DJOURNO.
Obstétrique :	Psychiatrie :
MM. DIGONNET, MAYER, SUREAU, VARANGOT.	M. BARUCK.
Ophthalmologie :	Thérapeutique (Agr. ch. d'ens.) :
M. OFFRET.	M. BROUET.
Oto-rhino-laryngologie :	Urologie :
M. AUBIN.	M. COUVELAINE (R.).



III. — PROFESSEURS HONORAIRES ET AGREGES

rappelés à l'exercice pour le service des examens

MM. BASSET (*Pathologie chirurgicale*), BRINDEAU (*Obstétrique*), GATELLIER (*Clinique chirurgicale*), HUGUENIN (*Anatomie pathologique*), LE LORIER (*Obstétrique*), VAUDESCAL (*Obstétrique*).

IV. — PROFESSEURS SANS CHAIRE ET AGREGES

chargés de cours de clinique annexe à titre permanent

Clinique chirurgicale :

MM. AMELINE, FUNCK-BRENTANO,

MÉNÉGAUX.

Clinique médicale :

M. BOULIN.

Clinique médicale :

MM. HAGUENAU, MOUQUIN.

Clinique obstétricale :

MM. ECALLE, LACOMME.

Clinique ophtalmologique :

M. RENARD.

Secrétaire de la Faculté

J. MOREL.

Secrétaire-adjoint

Mlle CHANTREUIL.

Bibliothécaire en chef

Docteur A. HAHN.

Bibliothécaires

Mlles DUMAITRE, GOICHON, LAURENT.

Par délibération en date du 9 décembre 1798. l'Ecole a arrêté que les opinions émises dans les dissertations qui lui seront présentées, doivent être considérées comme propres à leurs auteurs et qu'elle n'entend leur donner aucune approbation ni improbation.

A ma Mère, qui, seule, par son affectueux dévouement,
m'a permis d'achever ces études.

A la mémoire de mon Maître
le Professeur Yves BOURDE,

*Professeur de Clinique chirurgicale à la Faculté de Médecine de Marseille,
Mortellement blessé au cours des combats de la Libération.*

*En témoignage d'admiration pour la profonde
humanité de son enseignement ; en témoignage
de gratitude pour le précieux réconfort et l'atmo-
sphère de lutte et d'espoir que nous avons tou-
jours trouvés auprès de lui, aux moments les plus
angoissants de l'oppression nazie.*

A la mémoire du Docteur FERRIER,

*Chargé du Cours de Stomatologie à la Faculté de Médecine de Montpellier,
qui nous enseigna les premiers éléments de notre
Spécialité.*

A notre Maître le Professeur DECHAUME,
Professeur de Clinique stomatologique de la Faculté de Médecine de Paris,

qui, par la précision de ses cours et l'intérêt de ses exposés cliniques, a rendu si profitable et agréable le temps que nous avons passé auprès de lui ; qui nous a offert les plus grandes facilités pour effectuer des mesures et réaliser des expériences dans son service, et qui, après nous avoir soutenu tout au long de ce travail, a bien voulu nous faire l'honneur d'accepter la présidence de cette thèse.

A notre Maître le Professeur LE GRAND,
Directeur du Laboratoire de Physique appliquée
du Muséum d'Histoire Naturelle,

qui a mis à notre disposition tous les instruments dont nous avons besoin et qui, après avoir guidé nos premiers pas en Photométrie, nous a, par ses conseils et ses suggestions, permis de mener à bien cette étude. Faible témoignage de notre profonde gratitude pour l'aide précieuse et l'amabilité qu'il a bien voulu nous prodiguer.

En témoignage de gratitude

A Madame le Docteur A. CHAPUT, Professeur,

A Monsieur le Docteur BARA,

Stomatologiste assistant des Hôpitaux de Paris,

qui ont bien voulu nous apporter leur concours en ces recherches.

En témoignage de reconnaissance à :

F. BOUCHON, Doctor Dental School ;
A. BRUNEL, Médecin stomatologiste ;
H. CHAPUT, Doctor Dental School ;
J. DOURGNON, Eclairagiste ;
D^r CL. KELLERSHOHN, Licencié ès Sciences ;
P. LEGOUX, Chirurgien-Dentiste ;
J. LEROUX, Médecin stomatologiste ;
M. LÉVY, Docteur ès Sciences ;
L. LEW, Technique photographique ;
J. MAHIEU, Technique photographique ;
A. MALENÇON, Chirurgien-Dentiste ;
D. et V. SOLOMONIDES, Docteurs en Philosophie, Psychotechniciens,

*qui nous ont permis de réunir la documentation
et de réaliser les mesures nécessaires à ce travail.*

Au British Council,

*à qui nous devons la presque totalité de la docu-
mentation anglaise.*

Au Centre d'Etude de la Main-d'Œuvre,

Au C. E. S. M. O. S.,

*avec tous nos remerciements pour l'aide qu'ils
nous ont apportée.*

A Monsieur le Professeur MOURGUE-MOLINES,
mon Maître à la Faculté de Montpellier,
mon Chef à la 1^{re} Armée française « Rhin-Danube ».

En témoignage de respectueuse admiration.

A Monsieur le Professeur BOULET,

En témoignage de profonde gratitude pour l'accueil que nous avons trouvé auprès de lui et pour la valeur humaine de son enseignement.

A Monsieur le Doyen CORNIL,

A mon Maître le Professeur BELTRAMI.

A mon Maître le Professeur Jeanne LÉVY,

En souvenir de leurs leçons et de leur bienveillance.

A mes Maîtres les Docteurs CROCQUEFER et RICHARD,
Stomatologistes des Hôpitaux de Paris.

LA FATIGUE VISUELLE DU PRATICIEN
EN STOMATOLOGIE ET EN CHIRURGIE
DE SPÉCIALITÉ
(Eclairage et Ambiance de Travail)

INTRODUCTION

Consacrer une thèse au confort du praticien peut sembler paradoxal, alors que toute l'attention se porte normalement sur le malade.

C'est cependant au malade que nous pensons au cours de cette étude, car, parmi les « impondérables » qui contribuent à la perfection d'une intervention, l'ambiance lumineuse est certainement l'un des plus importants par ses répercussions sur la fatigue du praticien et sur la précision de l'acte opératoire.

De plus, le praticien doit prendre un soin tout particulier de sa vue s'il se rappelle que la proportion de vues défectueuses est accrue par l'obligation d'un travail minutieux, que l'acuité visuelle baisse avec l'âge*, et s'il désire freiner autant que possible cette évolution.

L'éclairage opératoire ne prend pas la même importance dans les différentes activités médicales : dans beaucoup de spécialités, les visites et les consultations permettent de reposer la vue des quelques heures passées sous cet éclairage. En stomatologie, au contraire, la proportion de temps passée sous les diffuseurs est considérable, le problème de la fatigue visuelle se pose d'une façon particulièrement aiguë. Il était donc naturel que la stomatologie fût le point de départ d'une étude dont les applications peuvent être élargies aux autres domaines chirurgicaux.

La recherche scientifique est neutre ; c'est à nous d'en tirer les applications favorables. L'organisation du travail, dont nous traitons au chapitre premier peut, ou bien venir en aide au praticien en le libérant des routines et des fatigues inutiles et lui apporter une plus grande liberté, ou bien l'enfermer dans des normes, lui imposer un rendement et des rythmes qui lui sont étrangers. Il nous a semblé indispensable (pour le praticien comme pour le malade) de réunir les meilleures conditions opératoires possibles, toute question de rendement mise à part.

L'élargissement des connaissances humaines a entraîné la fragmentation en disciplines différentes ; la spécialisation est devenue nécessaire. Mais certains problèmes restent ainsi en suspens, chaque discipline isolée ne pouvant à elle seule les résoudre.

C'est pourquoi un effort de synthèse s'impose. Dans l'intérêt général de la Recherche, il serait nécessaire que soient formées des équipes de travail groupant pour une même étude des chercheurs de spécialités différentes. Il serait nécessaire et urgent que ces équipes soient coordonnées et munies de moyens matériels corrects.

Les problèmes d'éclairage et de fatigue visuelle couvrent un domaine très large allant de la physique à la psychologie, de la physiologie à l'architecture. L'application de ces problèmes à la Médecine augmente encore le champ d'investigation. Nous tenons à témoigner notre profonde gratitude aux Maîtres et aux amis des diverses disciplines qui ont bien voulu nous accorder leur appui et nous guider en maints domaines qui nous étaient peu familiers : c'est grâce à leur concours que cette étude a pu être réalisée.

* Citons Luckiesh (1, p. 17, et 149) (127) :

	Acuité visuelle relative	% de vues défec- tueuses
20 ans	100	23
40 ans	90	48
60 ans	74	92

L'historique de la question se réduit à peu de chose. Il serait peut-être intéressant mais inutile de remonter à la lampe à huile. Plus près de nous, quelques passages dans les livres réclament pour le praticien « un bon éclairage », insistant sur la nécessité d' « être bien éclairé » ; rien n'est précisé au delà.

Quelques études sur l'éclairage chirurgical, sur la suppression des ombres portées, sur les intensités de lumière à adopter ont été publiées dans les revues spécialisées ou présentées lors de congrès. Mais peu de travaux ont pu faire la synthèse des notions : éclairage opératoire et confort visuel du praticien.

Le Pr HELLER, en 1927, insista sur la fatigue visuelle que produisent les champs blancs et les murs laqués blancs. Malheureusement, il en déduisit la nécessité de champs et de murs noirs, ce qui ne répond nullement aux données actuelles (8) *.

Les Professeurs COSTANTINI et VERAÏN proposent, en 1928, des champs de couleurs neutres et, mentionnant pour la première fois l'éblouissement que produisent les instruments nickelés, demandent des instruments mats (9).

A cette époque, les tests de fatigue visuelle ne sont pas encore connus. En 1937, le Congrès de Paris des Eclairagistes, (13, 14, 16, 17, 18) consacra quelques études à l'éclairage chirurgical ; tandis que, la même année, le XXXI^e Congrès de l'Illuminating Engineering Society recevait une étude très intéressante de Alexander, Lee et Ickis sur l'Eclairage à l'Hôpital (12, 19).

En 1939, le Dr Carl ADAMS présenta devant les éclairagistes de la Californie du Sud une étude sur l'éclairage en dentisterie (étude que nous n'avons pu nous procurer) ; enfin, en 1941 et 1943, l'Illuminating Engineering Society publiait deux articles spécialement consacrés à l'éclairage en stomatologie (2, 3).

Pratiquement, au moment où nous commençons notre étude, les questions suivantes se posaient :

— Est-il possible de diminuer la fatigue visuelle du praticien, notamment dans les spécialités où une forte portion du temps est passée sous éclairage opératoire ?

— L'effort doit-il porter sur les sources de lumières, ou sur les objets éclairés ?

— S'il doit porter sur les objets éclairés, quelles sont les modifications possibles des objets placés dans le champ opératoire (champs, instruments, compresse, etc.) qui les rendraient moins éblouissants, plus visibles, moins fatigants ?

— S'il doit porter sur les sources lumineuses, la donnée la plus importante est-elle l'intensité de l'éclairement ou la répartition de la lumière ?

La qualité de la lumière (sources incandescentes et tubes fluorescents) a-t-elle une action sur la fatigue visuelle ?

— Est-il nécessaire d'éclairer seulement le champ opératoire, le reste de la pièce étant sombre ?

— Un éclairage général d'ambiance doit-il s'ajouter à l'éclairage local ? Quel est le rapport entre les deux éclairages qui donne la meilleure vision et le meilleur confort visuel ?

Pour tenter de répondre à ces questions, nous avons adopté le plan général suivant :

Plan général :

— Avant toute étude d'éclairage, nous devons préciser ce que nous allons éclairer, situer le champ visuel, le champ d'action et le champ opératoire du praticien.

— Nous rappellerons ensuite quelques notions de physique indispensables pour toute étude simple de la question et nous ferons le point, notamment en ce qui concerne les sources lumineuses, des acquisitions récentes en ces domaines.

* Les chiffres entre parenthèses renvoient aux numéros de la Bibliographie.

— Sans prétendre effectuer un sondage méthodique, nous situerons, par quelques exemples choisis pour leur diversité et leur banalité, les conditions d'éclairage sous lesquelles travaillent actuellement les praticiens.

Nous exposerons et critiquerons à propos de cette étude la méthode de recherche adoptée et ses résultats.

— Nous résumerons les méthodes des études récentes sur la vision et le confort visuel, et les résultats obtenus. Nous indiquerons quelles conclusions peuvent en découler pour l'éclairage opératoire de chaque jour.

— Enfin, nous dégagerons les applications pratiques de notre étude, nous exposerons les résultats obtenus et nous contrôlerons l'efficacité des modifications proposées.

Le plan général que nous adopterons sera donc le suivant :

- 1° Définition des conditions de travail du praticien ;
- 2° Bases physiques de l'éclairage chez le praticien ;
- 3° Etat actuel de l'éclairage chez le praticien ;
- 4° Effets psychophysiologiques de l'éclairage et fatigue visuelle ;
- 5° Résultats pratiques et conclusions.

I. — DEFINITION DES CONDITIONS DE TRAVAIL

Envisageons sous son aspect le plus large le problème de la fatigue d'un praticien dans l'exercice de sa profession.

L'énergie qui lui est apportée principalement par l'alimentation se dissipe pour couvrir trois ordres de pertes :

- a) Fonctionnement des organes et maintien de l'équilibre avec le milieu ;
- b) Fatigue de position ;
- c) Fatigue de travail.

Pour une opération déterminée, nous pouvons étudier successivement toutes les conditions de confort, de position et d'organisation du travail qui nous donneront les pertes et, par suite, la fatigue minima.

Cette limite minimum de fatigue, pour une opération donnée, est l'idéal vers lequel nous devons tendre si nous voulons que le praticien puisse, à travail professionnel égal, consacrer quelques efforts à des recherches, ou à une vie personnelle.

L'énergie totale dont il dispose dans sa journée étant malheureusement une quantité finie, répartie schématiquement ainsi : activité professionnelle indispensable — activité inutile de mauvaise organisation — activités personnelles, plus nous réduirons le second terme, plus ce praticien pourra consacrer d'énergie soit à sa profession, soit à d'autres activités.

Reprenons maintenant les trois ordres de pertes définies plus haut, et examinons si nous avons la possibilité de les réduire et si, éventuellement, nous en avons les moyens :

- a) *Fonctionnement des organes, et maintien de l'équilibre avec le milieu.*

Il ne saurait être question d'agir sur l'énergie prise par les différentes fonctions vitales : respiration, circulation, etc., qui représente une perte indispensable.

Par contre, le maintien de l'équilibre avec le milieu pose :

- d'une part, le problème du conditionnement d'air (humidité et chaleur), de la limitation des bruits et vibrations, qui sort de notre étude ;
- d'autre part, le problème également très général des réactions humaines aux radiations lumineuses.

L'absence presque totale de radiations naturelles directes sur un homme enfermé derrière des vitres, dans une pièce où il travaille environ de 9 h. à 12 h. et de 14 h. à 18 h. a-t-elle un retentissement sur les métabolismes de l'organisme et la santé ? C'est probable, mais très complexe.

Egalement flous sont les changements de l'activité physiologique selon le maximum vers le rouge ou vers le bleu de la tonalité générale (21, 22, 89, 106, 108, 109, 110).

Au contraire, nous sommes sur un terrain expérimental ferme en ce qui

concerne l'action directe et considérable de l'ambiance lumineuse où vit le sujet, sur sa tension nerveuse et sa fatigue musculaire inconsciente.

Un éclairage insuffisant, mal organisé ou éblouissant entraîne une tension musculaire croissante, une crispation de tout le corps, une baisse de rythme cardiaque, et d'autres modifications qui pourront justement servir de critère pour juger du caractère, satisfaisant ou non, d'une installation d'éclairage. Nous examinerons ces modifications plus loin, dans le cours de cette étude.

b) *Fatigue de position* (25, 26, 27, 29, 32).

Le métabolisme basal se mesure sur un sujet allongé et au calme (position de fatigue minimum). D'énergie dépensée est déjà plus grande pour un sujet assis qui doit maintenir en équilibre son thorax, sa tête, ses membres supérieurs. Elle est maxima pour un sujet debout, surtout s'il est en équilibre sur un pied.

Dans le cas du travail debout (33, 34), le praticien qui désire conserver une main légère et ne prendre sur le patient que l'appui indispensable doit passer une partie importante de son temps en équilibre sur deux points : son pied, et sa hanche appuyée au bras du fauteuil. D'où une fatigue de position très importante qu'il pourrait réduire au minimum :

- s'il n'avait que la plus petite partie possible de son corps à soutenir ;
- s'il évitait que le corps tout entier ne participe inutilement au moindre geste.

(Un exemple de *disproportion* entre le geste nécessaire et l'effort accompli pour ce geste nous est donné par le praticien qui, partant de la position hanchée debout face au patient, tourne tout son corps — par exemple 70 kgs — de 120°, pour saisir une sonde à canaux — 0,2 gr. — sur la tablette.) (C'est cependant un geste courant.)

Ces deux conditions sont remplies normalement dans le cas du travail assis lorsque l'installation a été étudiée pour offrir tous les instruments à portée de la main.

De plus, cette disposition, ainsi que nous le verrons, est une des rares où les problèmes d'éclairage puissent recevoir des solutions satisfaisantes.

Notons toutefois que certaines interventions demandent la participation de tout le corps à l'effort. La plus fréquente, celle qui prend le plus de place dans la pratique quotidienne de certains praticiens « bons extracteurs », est l'avulsion dentaire. Si réellement un praticien y passe près de 50 % de son temps, adopter la position assise ne lui apportera aucun bénéfice. Cependant, si la précocité des dépistages, une meilleure éducation du public, une prophylaxie générale diminuent peu à peu le nombre des avulsions indispensables, alors la proportion de temps obligatoirement passé debout diminuera suffisamment pour ne plus justifier cette position comme position normale de travail.

c) *Fatigue de travail* (35, 40).

Le travail comporte des gestes, et des efforts statiques.

— Maintenir un instrument en position de travail est un effort statique ; cet effort est d'autant moindre que l'instrument est plus efficace (fraise neuve, meule diamantée, etc.), et mieux conçu (forme et poids corrects, point d'action dans l'axe du manche, etc.). Ces qualités sortent de notre étude.

— Les gestes, par contre, font apparaître un facteur cinétique que nous allons sommairement décomposer, car beaucoup de ses éléments dépendent étroitement de l'éclairage.

Une partie de la fatigue d'un geste est fonction :

- de la masse du membre et de l'instrument en mouvement ;
- de la vitesse du geste ;
- de son rayon d'action,
- en d'autres termes :
- de l'inertie et de l'énergie cinétique mises en jeu.

A ces éléments physiques s'ajoutent la tension nerveuse de contrôle et des facteurs de sécurité et de précision produisant une autre fatigue d'ordre psychophysiologique (30, 31).

Au total, nous aurons :

- a) une fatigue physique mécanique ;
- b) une fatigue psychophysiologique.

Prenons un exemple courant :

S'il faut 1 seconde pour saisir un instrument à 30 cm du champ opératoire (vitesse moyenne 30 cm/sec), pour le saisir à 60 cm il faudra :

— ou 2 sec à la même vitesse, d'où perte de temps ;

— ou 1 sec mais en agissant à 60 cm/sec, d'où fatigue accrue, et voyons comment varient les deux fatigues définies plus haut :

— a) *Fatigue mécanique* (24, p. 6 et pp. 45-50).

L'inertie à vaincre au début du geste, l'énergie cinétique (Ec) à freiner à la fin, introduisent la masse (M) et le carré de la vitesse (V) :

$$Ec = \frac{1}{2} M V^2$$

Si V double, Ec quadruple, et l'effort pour la freiner aussi. De plus, M augmente : à 60 cm de distance, ce n'est plus l'avant-bras seul, mais tout le bras qui est en mouvement. D'où intérêt d'avoir tout à portée de la main, le corps étant assis.

— b) *Fatigue psychophysiologique.*

Chaque geste réclame un contrôle de l'esprit, une tension nerveuse ; inconsciemment il comprend toujours un arrêt approximatif, un temps de contrôle, une adaptation définitive.

Si l'on peut accomplir un geste en 10 s ou en 1 s sans que la fatigue augmente dix fois, il n'est plus du tout indifférent de l'accomplir en 1 s ou 1/10^e de sec : la fatigue de contrôle et la tension nerveuse croissent énormément, et d'autant plus que nous nous rapprochons des valeurs seuils des temps de perceptions et de réactions, visuelles, nerveuses et musculaires. Au même moment, la précision et la sécurité du geste deviennent extrêmement faibles.

Supposons que se produise, au cours d'un geste professionnel, une modification des conditions de travail, une situation accidentelle * (par exemple, le patient fait un mouvement brusque qui le placera dans une position dangereuse par rapport à un instrument) ; pour qu'il y ait accident, il faut que le praticien n'ait pas le temps de modifier son geste. Quel est ce temps ? C'est le temps nécessaire pour percevoir la situation accidentelle, en prendre conscience, élaborer mentalement la modification ou l'arrêt du geste en cours, en réaliser le changement (30, p. 270).

Supposons que ce temps soit 1/3 de sec ; sa main aura parcouru, avant l'arrêt, 10 cm s'il travaille à 30 cm/sec ; 20 cm s'il travaille à 60 cm/sec. Et ce sera peut-être 10 cm de trop.

Mais, indépendamment de la vitesse, dans ce temps de réaction de 1/3 de sec intervient trois fois le facteur lumière, et c'est pourquoi nous avons tenu à en parler ici :

— Un éclairage insuffisant ou éblouissant produit toujours une fatigue

* L'étude scientifique des accidents conduit à distinguer : — situation accidentelle — accident mineur — accident (28). Ex. : A la suite d'un mouvement brusque du patient, un disque dérape (situation accidentelle). Prenons des chiffres fictifs :

— dans 500 cas, le praticien arrêtera le tour à temps ;

— dans 20 cas, il y aura lésion superficielle des tissus mous (accident mineur) ;

— dans 1 cas, il y aura lésion vasculaire ou autre (accident).

La recherche des circonstances qui ont fait que les 21 derniers cas sont devenus des accidents aboutit à séparer très schématiquement une série de facteurs :

Organisation
du travail

Facteur Humain

} —> acte dangereux —> accident —> blessure.

Dans notre spécialité, toute étude d'éclairage modifie à la fois le facteur « organisation du travail » et le « facteur humain ». Le facteur humain d'ailleurs est double, puisqu'il englobe patient et praticien.

générale, et la fatigue générale augmente considérablement le temps de réaction ;

— S'il faut 3,5/100^{es} de sec pour reconnaître un détail avec certitude, sous un éclairage de 100 F.C. *, il faudra 12/100^{es} pour le reconnaître sous 1 F.C., d'où augmentation (triple dans cet exemple) du temps de perception (1, p. 131).

— Si, dans le cours du geste, le regard s'est posé sur des plages brillantes, ou sur une source lumineuse, le temps d'adaptation au champ opératoire plus sombre s'ajoute encore au temps de perception.

Par suite, la position de travail doit être telle que le praticien ne soit à aucun moment obligé de se tourner vers une source lumineuse.

En résumé, l'étude de la fatigue de position nous a conduit à définir les conditions que doit remplir une bonne position de travail ; nous avons sommairement situé le rôle du facteur lumière dans la fatigue d'équilibre avec le milieu, et son importance à nouveau considérable dans la fatigue de geste.

Nous pouvons maintenant fixer d'une façon précise la position du praticien, et son champ visuel afin de connaître ce qu'il nous faut éclairer :

Quelles que soient les variations personnelles et les habitudes entraînant telle ou telle préférence de détail, une position sera correcte si elle répond aux principes généraux suivants : Permettre,

1° Un *champ d'action* ne dépassant pas 140°, de droite à gauche, et limité, en profondeur, à la portée du bras ;

2° Un *champ opératoire* (patient — tablette instruments) aussi restreint que possible, de l'ordre de 45°, et limité à la portée de l'avant-bras.

Par suite, nous envisageons un travail assis (32, 33, p. 164) avec, lorsque le stomatologiste est face au visage du patient ;

a) le dernier tiroir ou instrument à 70° à droite ou à gauche de cette position. Ceci est le *champ d'action* ;

b) un *champ opératoire* large de 45° dont le patient occupe une moitié ; l'autre étant occupée par la tablette à instruments.

Les dentistes français, en majorité, travaillent debout. Cela leur a été enseigné dès l'école. Il est certain qu'il faut quelque effort pour changer une vieille habitude, mais il est des efforts qui paient.

Cependant, se mettre à travailler assis dans une installation conçue pour un travail debout gêne beaucoup. Quelques petites modifications dictées par le bon sens suffisent parfois.

D'ailleurs, la conception des installations actuelles date d'une cinquantaine d'années, et cette question vaudrait d'être revue (39).

En pratique, est souhaitable toute modification qui diminue le *champ d'action*, c'est-à-dire qui met tous les instruments à portée du praticien assis.

Un point reste encore à fixer : le praticien sera-t-il assis devant (France) ou derrière le patient (U.S.A.) ? Nous préférons la position devant, pour les raisons suivantes :

1° C'est la position qui modifie au minimum les gestes d'un praticien habitué au travail debout. Elle est donc plus facile à adopter ;

2° Elle permet de placer toutes les sources d'éclairage local intenses derrière le praticien ; c'est une des plus conciliables avec un plan d'éclairage confortable.

Les conditions ci-dessus ont été définies en dehors des conditions opératoires chirurgicales. Nous avons tenu à les préciser tout d'abord, car ce sont, de loin, les plus importantes en fonction du temps que leur consacre un praticien moyen. De plus, les principes généraux qui viennent d'être définis restent valables dans la salle d'opération, tout en devenant plus difficiles à réaliser. Les instruments resteront à portée de la main, et voisins du *champ opératoire*. La position assise, possible — elle est souvent adoptée en neuro-chirurgie — s'impose moins en raison du temps restreint que ces interventions occupent dans la journée totale du praticien.

* F.C. = Foot candle. (Voir chap. II, § Unités.)

II. — BASES PHYSIQUES DE L'ECLAIRAGE

La position du praticien et son champ visuel étant définis, il nous faut maintenant donner un bref aperçu des éléments de physique qui, dans tout problème d'éclairage, sont d'un intérêt pratique immédiat.

Nous envisagerons successivement :

- 1° La lumière et les unités lumineuses ;
- 2° Les objets éclairés ;
- 3° Les sources de lumière.

1° *Lumière et unités lumineuses.*

Bien qu'il soit difficile de donner une définition qui satisfasse à la fois physiciens et biologistes, peut-être faudrait-il préciser ce terme « lumière ».

Les radiations dont les longueurs d'onde sont comprises entre 4.000 Å° et 7.500 Å°, environ, produisent sur l'œil une stimulation d'où résulte une sensation (42, p. 497 et p. 506). Par simplification de langage, nous dirons que ces radiations sont « visibles ». En parlant de tout ou partie de ces radiations, et quelles que soient leurs proportions, nous dirons : la lumière.

La sensibilité de l'œil, à énergie excitatrice égale, varie avec la longueur d'onde ; elle croît progressivement du bleu vers le jaune. Elle est maximum vers 5.550 Å°, en vision diurne, puis décroît du jaune vers le rouge (42, p. 505).

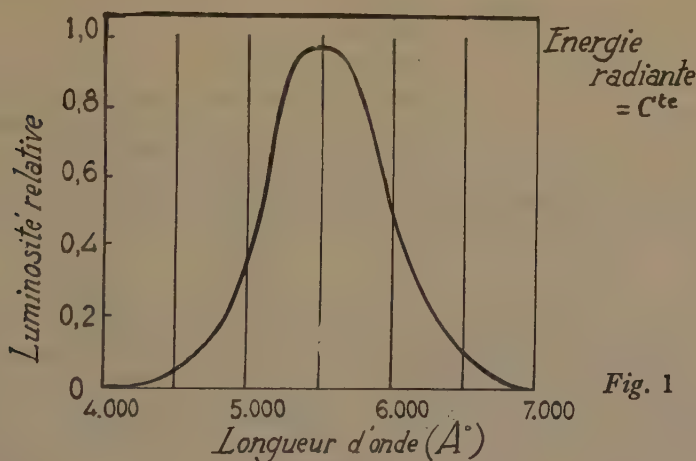


Fig. 1

Lorsque l'œil reçoit pour chaque longueur d'onde une énergie égale, le sujet éprouve approximativement la sensation de *lumière blanche*. Or, les sources artificielles n'émettant pas exactement une énergie égale pour chaque longueur d'onde, les lumières produites paraissent colorées, et déforment plus ou moins les couleurs. Par exemple, s'il y a un excès de radiations vers 6.500 Å°, la lumière paraîtra jaunâtre ou rougeâtre. C'est le cas des lampes ordinaires (52, p. 9).

Les questions d'éclairage font intervenir des unités particulières. Nous nous sommes souvent trouvés devant plusieurs systèmes d'unités, le même fait étant littéralement caché sous plusieurs noms différents, selon les auteurs. Pour simplifier, nous avons obéi à deux tendances : ne garder que les unités les plus employées, et les choisir de telle sorte que, dans les circonstances normales, elles permettent l'emploi de nombres usuels.

Unités (46) :

— Une source produit autour d'elle de la lumière. Cette lumière sera exprimée en « lumen ».

— La portion de cette lumière qui arrive sur une surface d'aire unité s'exprime en « lux » ou « foot candle ». Par exemple, une surface reçoit 20 « lux ».

— Vingt lux arrivent sur deux surfaces mates, l'une grise, l'autre blanche ; bien que recevant la même quantité de lumière, la surface grise renverra vers l'œil moins de lumière que la blanche. Elle paraîtra moins brillante. Comme ce qui importe n'est pas ce que reçoit un objet, mais ce qu'il renvoie de lumière vers l'œil, il était nécessaire d'introduire une dernière unité : l'unité de luminance ou de brillance.

La brillance s'exprime en « nit » ou en « foot lambert ».

Donnons un ordre de grandeur de ces unités :

— Une ampoule de 60 W 110 V émet 750 lumens ;

— Une feuille de papier blanc située à 1 m de cette lampe reçoit 70 lux ; située à 50 cm, elle reçoit 280 lux.

$$E = \frac{1}{D^2}$$

Sa brillance est 60 nits à 1 m de la lampe, 238 nits à 50 cm.

— L'éclairement produit par un tube fluorescent de 40 W à 60 cm du tube est de 150 lux.

— L'éclairement en plein soleil à midi, en été, est d'environ 100.000 lux (45, p. 39).

Enfin :

1 foot candle équivaut à 10,76 lux ;

1 foot lambert équivaut à 3,42 nits.

2° Les objets éclairés. — Réflexion spéculaire — Réflexion diffuse —
— Facteur de réflexion diffuse (111, p. 20).

Lorsque nous plaçons divers objets sous un même éclairage, l'aspect de ces objets dépend de la nature ou de la préparation de leur surface. Certains objets sont polis, d'autres sont mats, d'autres ont un aspect intermédiaire : sans donner des images, comme un miroir, ils présentent des reflets vus sous un certain angle, c'est le cas d'une peinture laquée, d'un papier glacé, d'un vernis ou d'un émail. Il n'y a pas, en français, d'adjectif spécial pour les qualifier.

Si un faisceau de lumière blanche tombe sur une surface mate, tandis qu'une portion de lumière y est absorbée, le reste du faisceau est diffusé dans toutes les directions. Si, par exemple, la surface absorbe 40 % de la lumière incidente et en diffuse 60 %, on dit que son *Facteur de Réflexion Diffuse* (F.R.D.) est de 60 %. Ainsi : un mur blanc mat a un F.R.D. de 65 %, un mur gris un F.R.D. de 30 %, etc.

Si toutes les couleurs du faisceau de lumière blanche ne sont pas diffusées également, si par exemple le bleu est plus absorbé que le rouge, l'aspect de la surface sera coloré. Le F.R.D. d'une surface est donc fonction de la longueur d'onde. En règle générale, il est défini globalement pour une lumière incidente blanche.

En pratique :

a) Si nous plaçons dans le champ opératoire des objets de F.R.D. très différents, par exemple 60 %, 6 % et 0,6 %, *sous le même éclairage*, les premiers seront cent fois plus brillants que les derniers. Il en résulte que les uns paraîtront trop sombres, les autres éblouissants.

b) Il n'est pas possible de parler du F.R.D. d'un miroir ou d'un objet poli. La lumière que transmet vers l'œil une surface polie dépend à chaque instant du moindre mouvement et de la brillance des objets réfléchis ; tantôt elle réfléchit la lumière de la source et atteint 90 % de la brillance de cette source, tantôt elle réfléchit une surface sombre et perd tout éclat :

En pratique, nous devons donc limiter ou éliminer autant que possible les objets polis ; ce genre de surfaces introduisant dans le champ visuel des écarts de brillance considérables, variables et peu contrôlables.

c) Pour obtenir une impression visuelle déterminée, la mesure de la quantité de lumière qu'envoie une source sur un champ opératoire, ou encore l'éclairement du champ opératoire, ne sont pas des données suffisantes : il est nécessaire de connaître également les F.R.D. des objets qui s'y trouvent. Et nous avons la relation :

Aspect des objets (Brillance) = Eclairement (Lux) $\times$ F.R.D.

Il est donc du plus grand intérêt de connaître les F.R.D. des surfaces de notre champ opératoire :

Muqueuses, téguments	10 à 15 %
Dents	60 % (3, p. 26)
Champs	75 à 80 %
Etc., etc.	

Lorsque l'éclairage est « défectueux », l'idée vient tout naturellement à l'esprit d'agir sur la source. Rarement on pense à rechercher s'il n'y aurait pas également possibilité d'agir sur les objets : or, dans la pratique quotidienne actuelle, ni les instruments, ni le fond sur lequel ils sont posés n'ont été étudiés à ce point de vue.

Et, tandis que, de la table à instruments au point opératoire, ses yeux subissent les écarts les plus violents, le praticien interroge désespérément ses projecteurs.

3° Les sources.

Nous étudierons la lumière artificielle et la lumière du jour.

LUMIÈRE ARTIFICIELLE

La technique industrielle actuelle nous permet, en pratique, de produire de la lumière de trois façons :

— En élevant la température d'un corps (incandescence, lampe ordinaire) ;

— En produisant une décharge électrique dans un gaz ou une vapeur sous certaines conditions de voltage et de pression ;

— En utilisant la fluorescence.

a) *Incandescence.* — Le type en est la lampe à filament de tungstène.

Principe. — Le filament est porté à incandescence par passage du courant électrique. L'émission suit une loi analogue à l'émission du corps noir (*, équation 1). Le spectre de la lumière émise est continu. La température du filament (43, p. 187, et 45, p. 14) étant vers 2.700 à 3.000° K pour les ampoules courantes de 40 à 150 W, le maximum de l'énergie émise se trouve vers 9.700 Å (équation 2), tout à fait dans l'infra-rouge.

Qualité de la lumière. — La lumière émise, loin d'être d'égale énergie pour chaque longueur d'onde, contient peu de radiations courtes (bleues) et, proportionnellement, un gros excès de radiations longues (rouges), d'où une coloration jaunâtre. Si la température du filament s'élève, la lumière devient plus blanche (équation 2), mais la fusion du tungstène limite ce

* Si l'on fait la courbe des énergies rayonnées par un corps incandescent en fonction de la longueur d'onde, la courbe obtenue présente un maximum. L'énergie rayonnée se rapproche de celle rayonnée par le corps noir et obéit approximativement aux lois de Stefan et de Wien. L'énergie totale rayonnée est :

(1) $W = \sigma T^n$ avec : W = énergie totale rayonnée ;
 σ = coefficient ;

T = température absolue ;
 $n = 4$ pour le corps noir.

La position du maximum est sur la longueur d'onde λ_m (en Angström, Å) :

(2) $\lambda_m \cdot T = b$. b = constante = 2.886.000 pour le corps noir (43, p. 82).

procédé. Pour obtenir une lumière blanche, il faudrait porter le filament vers 5.200° K, le maximum de l'énergie émise étant alors dans le visible vers 5.500 Å (45, p. 155). Cette température, voisine de celle du soleil, est impossible à atteindre.

En pratique, la lumière des lampes à incandescence déforme les bleus, met trop en valeur les rouges ; de plus, elle est abondamment mélangée de radiations infra-rouges, contre lesquelles il devient parfois nécessaire de se protéger.

Rendement. — Le maximum de l'énergie émise se trouvant dans l'infra-rouge, le rendement est faible. Il varie entre 5 et 20 lumens par watt (45, p. 147).

De plus, cette abondance d'infra-rouge peut produire, du point de vue physiologique, une gêne importante pour le praticien : un thermomètre placé sur la nuque d'un chirurgien met en évidence (malgré la présence d'un filtre thermique dans le projecteur employé) une élévation de température de 7° 5 à l'actif de la lampe, vingt-cinq minutes après le début d'une intervention (18, pp. 241 à 244).

Utilisation et caractéristiques des sources :

a) La *lampe à incandescence* présente un filament ramassé sur lui-même, elle se rapproche d'une source ponctiforme. Rien n'est plus facile que de la placer au foyer d'un miroir ou d'une lentille, pour obtenir un faisceau lumineux très maniable. C'est la source la meilleure pour l'éclairage local chaque fois que cet éclairage exige un faisceau dirigé et non une lumière diffuse.

Par contre, ce filament très ramassé présente un grand éclat (10.000.000 nits (43, p. 187) douloureux à soutenir, et pénible si la source se trouve, sans écran, dans le champ visuel du patient. Pénible et éblouissant aussi pour le praticien si de multiples objets chromés et soigneusement polis lui renvoient comme autant de miroirs une multitude d'images brillantes du filament.

b) *Décharge dans les gaz* (50 bis, p. 142 et sq.). — La lumière produite présente un spectre discontinu. D'aspect très coloré, elle peut, par suite, produire des déformations très gênantes de la couleur des corps. Bien qu'elle ne soit pas utilisée directement pour l'éclairage en chirurgie, elle a permis de réaliser les tubes fluorescents actuels.

c) *Fluorescence.* — L'extension industrielle des tubes fluorescents est récente.

Principe. — Ces tubes sont conçus sur le principe suivant : produire par décharge électrique dans la vapeur de mercure des radiations qui, à leur tour, exciteront la fluorescence d'un mélange déposé sur les parois. Nous avons donc deux mécanismes différents : production du spectre du mercure, avec apparition des raies caractéristiques de cet élément ; production d'un spectre de fluorescence lié aux constituants du mélange.

1° *Emission du mélange* : soumis aux radiations du mercure, le tungstate de Mg, le silicate de Zn et le borate de Cd émettent des spectres continus dont les maxima sont respectivement situés dans le bleu, le vert et le rouge (51, n° 5, p. 84).

On conçoit que, mélangés en proportion convenable, ces trois corps puissent reconstituer approximativement une lumière blanche. Cette lumière est produite avec un excellent rendement, sauf pour les rouges (51, n° 4, p. 59).

2° *Spectre du mercure* : dans certaines conditions de pression et de voltage, les raies du mercure sont émises avec un excellent rendement. Une partie de ces radiations produit la fluorescence du mélange ; une autre partie traverse mélange et verre, et sort du tube.

Qualité de la lumière. — A la lumière de fluorescence du mélange s'ajoute donc une partie des radiations du mercure. Ces radiations, notamment les ultra-violettes, sont-elles nocives ?

Contre cette hypothèse s'inscrivent deux ordres d'arguments :

— Depuis plus de huit ans maintenant, ces tubes sont employés sur une large échelle dans l'éclairage industriel, sans que ces radiations aient montré leur éventuelle nocivité (48, 53, 54, 55, 57) ;

— D'autre part, des raies que le mercure émet dans l'ultra-violet, notamment 3.650 Å, 3.126 Å et 2.537 Å, une faible portion seulement traverse le verre des tubes ; on a pu écrire que, dans la nature, par un beau jour d'été, il en arrive soixante-dix fois plus. D'ailleurs, le pouvoir érythémogène de ces raies est faible : 2 % pour 3.126, 0,1 % pour 3.650 (la base étant 100 % pour la longueur d'onde 2.967 Å) (50, p. 10).

Dans un autre ordre d'idées, si nous considérons le spectre simplifié du mercure dans le visible : 5.780, 5.461, 4.358, 4.047 Å, nous devons noter une coïncidence : les raies 5.780, 5.461 et 4.047 tombent juste dans les bandes d'absorption de l'oxyhémoglobine (5.860 à 5.680 ; 5.520 à 5.280 et vers 4.100) (44, p. 29). Si l'on se souvient qu'il y a un certain parallélisme entre les F.D.R. des téguments et la courbe d'absorption de l'hémoglobine, nous voyons que l'efficacité de cette lumière sera sensiblement réduite lorsqu'elle éclairera une muqueuse. Et cette lumière du mercure est le 1/8^e ou le 1/7^e de l'émission lumineuse du tube.

En pratique, les mélanges choisis donnent : le blanc « lumière du jour » ou le « blanc chaud ». Les couleurs sont légèrement déformées par insuffisance de rouge et par la présence de la lumière du mercure. Il n'y a pas d'infra-rouge important.

Rendement. — Le rendement de ces tubes est de l'ordre de 35 à 40 lumens par watt (51, n° 4, p. 59 ; 52, p. 17), dont 5 lu/W, soit le 1/8^e, sont dus aux radiations visibles du mercure (44, p. 29).

Ce rendement est donc très supérieur à celui des lampes à incandescence. Par suite, il devient possible, sans consommation électrique trop onéreuse, d'élever sensiblement le niveau d'éclairage d'une salle. Ce rendement acceptable permet l'utilisation de ces tubes pour l'éclairage d'ambiance et l'éclairage indirect.

Caractéristiques — Utilisation des sources et effets stroboscopiques :

— Les tubes luminescents ont une large surface émissive ; par suite, leur éclat est faible (3 à 4.000 nits) (51, 1947, n° 1, p. 6) et leurs reflets sur des instruments chromés sont moins fatigants que l'image d'un filament de lampe ordinaire ; cependant, produisant toujours une lumière diffuse, il est beaucoup plus difficile de les inclure dans un système optique centré (Scialytique) et presque impossible d'en tirer un faisceau cylindrique.

— Bien que leur brillance soit comparable à l'éclat moyen du ciel, ces tubes étant les seuls objets brillants d'une pièce, il faut éviter de les employer sans écran. C'est leur brillance relative, par rapport au reste de la pièce, et non leur brillance absolue, qui joue ici et apporte un élément d'inconfort et de fatigue.

— Enfin, l'émission lumineuse suit chaque alternance du courant. Pour du courant alternatif 50 périodes, il y a donc 100 maxima d'émission, séparés par des minima très accentués, où seule joue une légère phosphorescence du mélange fluorescent. Il en résulte un effet *stroboscopique* (81, 1947, n° 1, p. 6) qui, s'il ne gêne pas la lecture ni un travail calme, apparaît très important et fatigant pour des gestes rapides et des objets se déplaçant ou tournant à grande vitesse. Signalons d'autre part les études en cours pour connaître l'action de cette fréquence d'émission lumineuse sur la fréquence des courants des neurones des centres visuels.

Il est nécessaire d'utiliser en pratique deux ou plusieurs tubes déphasés, un tube arrivant à son maximum d'émission lorsque l'un des autres est voisin de l'extinction.

En résumé :

- 1° Les tubes produisent une lumière moins coûteuse ; par suite, ils permettent d'élever l'intensité lumineuse de l'éclairage d'ambiance d'une pièce ;
- 2° Il faut cependant éviter de les employer nus ;
- 3° Enfin, il convient de prendre certaines précautions contre l'effet stroboscopique.

LUMIÈRE DU JOUR

La lumière du jour est très agréable ; de plus, elle est gratuite ; mais elle place le praticien sous sa dépendance. Elle est difficile à manier, peu souple, et sujette à de grandes variations (49).

Pourtant, supposons un instant que la lumière du jour soit constante, et supposons, de plus, que la pièce où travaille le praticien ait été spécialement conçue pour lui offrir une large baie, peut-être même une verrière. De toutes façons (sauf en cas de soleil direct), la lumière obtenue est diffuse et d'autant plus faible qu'on s'éloigne de la baie. La lumière reçue par un point de la bouche du patient, c'est-à-dire la surface de baie ou de ciel « vue » par ce point, est réduite d'une façon très importante par le moindre obstacle situé devant.

— Prenons un exemple chiffré : une baie de 2 m de haut sur 2 m de large est située à 2 m en avant de la bouche du patient. Il suffit d'un obstacle de 3 cm de haut et de large, à 6 cm en avant d'une dent, pour réduire à peu près de moitié l'éclairement de celle-ci. La même perte de lumière sera donnée par un objet de 6 cm à 12 cm en avant de la dent, ou par un objet de 12 cm à 25 cm de la dent.

Or, dans la pratique quotidienne, la tête du praticien, sa main, ses instruments, sont autant d'obstacles qui s'ajoutent plus ou moins pour intercepter la lumière de la baie. Il en résulte que le point où il travaille, où il regarde, sera précisément moins éclairé que le voisinage, d'où une très mauvaise condition de vision.

De plus, les deux hypothèses envisagées sont fausses :

— Il est exceptionnel que la pièce ait été spécialement conçue pour constituer un cabinet de stomatologie, le plus souvent le praticien exerce dans la pièce qu'il a pu trouver ; et, s'il exerce en ville, il est rare que l'immeuble d'en face ne lui cache pas une grande partie du ciel ;

— Enfin, la lumière du jour n'est jamais constante. *L'exposition qui donne l'éclairage le plus constant est : face au nord.* Toute autre exposition, en particulier le sud, suit les variations continuelles du soleil ; il faut, le matin, se protéger de la partie gauche de la pièce qui, éclairée directement, éblouit ; dans l'après-midi, c'est la partie droite ; tout le temps, le patient regarde un ciel ou un verre dépoli éblouissant.

Et chaque nuage vient changer la lumière que modèle déjà chaque heure de la journée.

Malgré les avantages certains de la lumière du jour pour la justesse des couleurs (et, dans le cas de prothèse esthétique, ce doit être la lumière de référence pour les patients qui vivent surtout sous cet éclairage), nous voyons que le praticien sera très souvent appelé à utiliser l'un des deux modes de lumière artificielle et peut-être les deux : le fluorescent étant plus spécialement destiné à l'éclairage d'ambiance, l'incandescent à l'éclairage local.

Les trois graphiques suivants synthétisent les données physiques que nous venons d'évoquer :

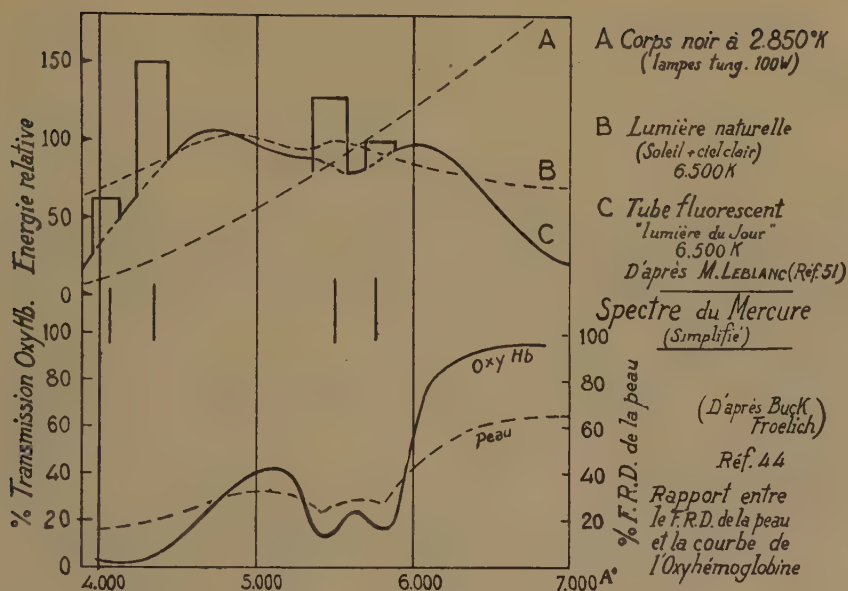


Fig. 2

Rayonnement de la
Lampe ordinaire

Fig. 3

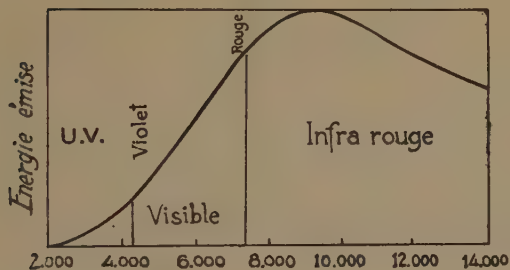


TABLEAU I
Déformation des couleurs
(Réf. 52, p. 97)

COULEUR	lampe ord.	Tubes fluorescents	
		lum. jour	blanc chaud
Papier blanc	84	84	84
Gris pâle	45	45	45
Beige moyen	53	53	53
Chamois	60	58	60
Jaune d'or	62	61	63
Orange.....	36	33	35
Rouge	21	16	20
Vert véronèse atténué.....	38	40	38
Vert émeraude clair.....	19	21	20
Bleu turquoise	27	29	28

III. — L'ECLAIRAGE DU PRATICIEN ETAT ACTUEL

Nous avons voulu nous rendre compte des conditions d'éclairage sous lesquelles travaillent actuellement les praticiens. Pour cela, nous avons effectué des mesures sous huit éclairages différents : deux éclairages naturels du jour, deux éclairages par diffuseurs genre Scialytique, un éclairage par diffuseur à quatre globes, un par diffuseur Bosworth, deux par diffuseurs fluorescents.

Les six premiers exemples représentent les moyens d'éclairage le plus couramment employés ; les deux derniers ont été choisis, parce qu'étant de conception récente il était intéressant d'en connaître les résultats pratiques.

Nous avons, en chaque cas, mesuré l'éclairement du champ opératoire, ainsi que la brillance des différents points où le regard du praticien pouvait se poser au cours des interventions : murs de la pièce, téguments du patient, tablette à instruments, etc. Nous avons chaque fois demandé au praticien de rester dans les conditions où il exerce habituellement.

Dans une autre série de mesures, nous nous sommes attachés à préciser *en salle d'opération* les niveaux d'éclairage rencontrés et les écarts de brillance que peut avoir à subir le chirurgien.

Deux problèmes se posaient : mesure des éclairagements (lux), mesure des brillances (nits).

Pour mesurer les lux reçus sur les différents plans qui nous intéressaient, nous nous sommes servis d'une cellule photo-électrique (type cellule de photographie).

Il était normal que cette cellule n'ait pas exactement une courbe de sensibilité analogue à celle de l'œil. (Voir fig. 1.) Afin d'éliminer cette cause d'erreur, nous notions, pour chaque mesure, la déviation de l'aiguille et la nature de l'éclairage (incandescent, fluorescent, etc.). Puis, au laboratoire, nous reprenions, avec la cellule, la déviation notée. Nous placions alors au même point une cellule étalonnée et de sensibilité corrigée ; la lecture sur le cadran gradué en lux se faisait directement.

Pour la mesure des brillances, nous avons utilisé la photographie par film étalonné.

Chez le praticien, tout se réduit à prendre une série de clichés. Les actes opératoires n'en sont pas sensiblement gênés. De plus, chaque image reste

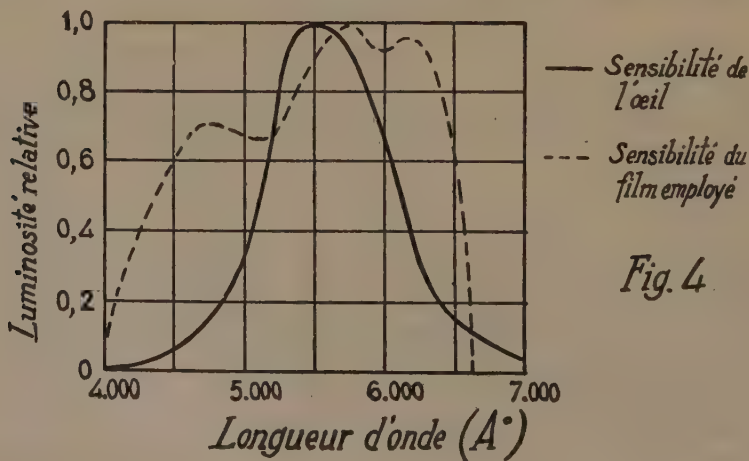


Fig. 4

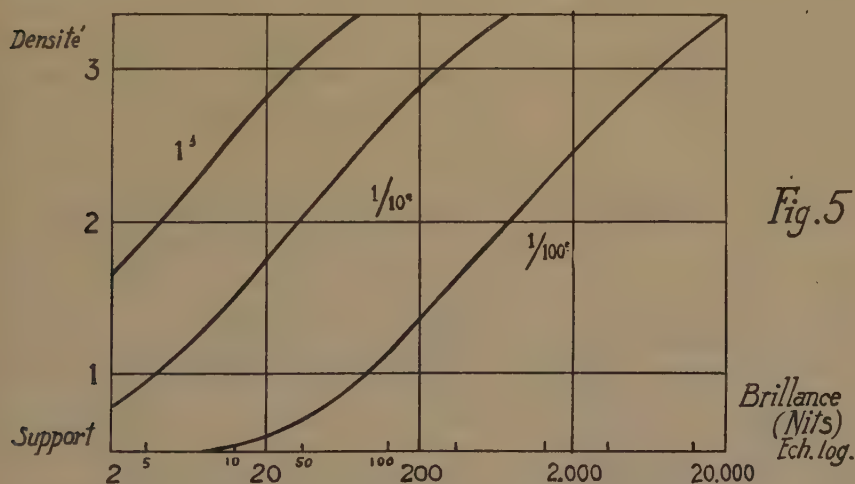
comme document, et, par la suite, toutes les mesures sont faites sur le cliché, dans le calme du laboratoire.

Nous avons employé un film panchromatique rapide. Sa courbe de sensibilité spectrale déborde légèrement celle de l'œil (58). Mais l'écart est à peu près équivalent à droite et à gauche du maximum et, par suite, la distorsion du rendu des couleurs reste minime.

Le principe de la mesure des brillances par film étalonné est très simple. Sur chaque film, une partie est réservée à l'étalonnage : des plages, de brillances croissantes connues, y sont photographiées. Une fois le film développé, à ces plages correspondent sur le cliché des zones d'opacités croissantes. Il est facile de tracer la courbe des opacités ou densités * obtenues en fonction des brillances photographiées. A chaque brillance correspond une densité. Inversement, sur le même film, avec le même temps de pose, à chaque densité correspondra une brillance.

Les poses suivantes : 1 s. $1/10^s$ et $1/100^s$ (Obturateur Compur), nous ont permis, en trois clichés pour chaque vue, de mesurer toutes les brillances entre 2 nits et 20.000 nits.

Les courbes ci-dessous nous ont permis, connaissant la densité d'un point du cliché, de retrouver par simple lecture la brillance du point correspondant photographié.



Si l'on se rappelle que l'éclairement du champ opératoire est modifié à chaque instant par les ombres des instruments, des mains et de la tête du praticien, on conçoit que les méthodes de mesure adoptées, par cellules et par photographies, malgré les erreurs qu'elles comportent, permettent cependant de se faire une idée très suffisante de l'ordre de grandeur des éclairissements et des brillances rencontrés.

D'autre part, pour la mesure des brillances en salle d'opérations, nous avons, à titre de comparaison, employé à la fois la mesure directe par nitomètre et la mesure par photographie. Les résultats fournis par les deux méthodes sont très comparables pour toutes les surfaces de brillances constantes. Toutefois, de grands écarts sont notés pour tous les objets dont la brillance varie d'un instant à l'autre, la mesure au nitomètre et la photographie n'ayant pas lieu au même instant ; c'est le cas des reflets sur les instruments chromés.

Les résultats obtenus sont condensés dans les tableaux suivants :

* Densité : on appelle densité le logarithme de l'opacité.

$$\text{On appelle opacité le rapport } \frac{\text{lumière incidente}}{\text{lumière transmise}}$$

I. — DENTISTERIE OPERATOIRE

N°	ECLAIRAGE LOCAL	Le champ opératoire reçoit :	ECLAIRAGE D'AMBIANCE	La table à instruments reçoit :
1	Eclair. naturel 1 fenêtre située devant le fauteuil. Pièce sur large rue N.E.	260 lux	La même fenêtre. Murs crème clair.	100 lux
2	Eclair. naturel 3 fenêtres dont 1 devant le fauteuil. Rue étroite N.E. + Miroir Slogg.	195 lux 1.000 à 1.200 lux	Les mêmes fenêtr. Murs beige foncé.	145 lux
3	Diffuseur façon Scialytique.	4.200 lux	1 ampoule de 60 W dans globe opale au centre de la pièce. Murs crème clair.	5 à 10
4	Diffuseur façon Scialytique.	4.400 lux	Diffuseurs 4 globes + 2 tubes fluoresc. Murs crème clair.	320 lux
5	Diffuseur 4 globes.	310 lux	2 tubes fluoresc. en corniche. Murs crème clair.	310 lux
6	Bosworth (ampoule bleutée) à 1 m 25 + projecteur local.	260 lux 910	Murs crème.	300 lux
7	Diffuseur fluorescent à 3 tubes lumière du jour.	470 lux	4 tubes fluoresc. de 1 m à électrodes chaudes au centre de la pièce. Murs crème.	200 lux
8	Diffuseur fluorescent à 1 tube contourné (3 électr. haute tension).	700 à 900	2 tubes fluoresc. à 3 électrodes et haute tension disposés aux deux extrémités de la pièce. Murs crème.	330 lux

BRILLANCES (en nits) RENCONTREES DANS LE CHAMP VISUEL DU PRATICIEN			
2	Dent (reflet)	600 nits	
	Joue éclairée par Sloog.....	80	
	Joue	35	
	Table instruments	16 à 18	
	Murs	1 à 2	
3	Dent	150 nits	
	Joue	65 à 80	
	Reflét.....	+ de 800	
	Coton blanc	200	
	Tablette	24	
	Table instruments	3 à 4,5	
	Murs et fond	entre 4 et 7	
5	Dent	65 nits	
	Joue	26	
	Tablette	45 à 55	
	Murs et plafond.....	2 à 6	
6		Sous projecteur	Hors projecteur
	Dent	175 à 160	—
	Joue	120	20
	Serviette blanche	280	45
	Tablette	65	reflet 160
	Armoire à instruments.....	— de 2	reflet 400
	Murs.....	2 à 5,5	
7	Dent	35 à 75	
	Joue	32	
	Table instruments	25 à 50	
	Reflets sur instruments.....	180 à 4.500	
	Murs et fond	6 à 13	
8	Dent	170 nits	
	Joue	70	
	Tablette	16 à 24	
	Mur	4	

Nous voyons apparaître les gros écarts de brillance entre le point de travail (50 à 200 nits), le point où se trouvent les instruments (16 à 50) et le reste de la pièce (rarement plus de 10 nits, le plus souvent entre 2 et 6).

D'autre part, les reflets (800 à plusieurs milliers de nits) et même les surfaces blanches (coton, serviette) viennent encore accroître ces écarts.

Si nous comparons les niveaux d'éclairage que nous venons de trouver avec ceux qui sont d'usage courant à l'étranger, nous voyons que 2.500 à 3.500 lux sont fréquemment employés aux U.S.A. (2, p. 483) mais avec un éclairage d'ambiance de 500 lux (3, p. 27) qui a pour but d'accroître la clarté

de la pièce, de diminuer les écarts entre le point de travail et le reste du champ visuel et, par suite, de diminuer la fatigue visuelle.

II. — SALLE D'OPERATIONS

Diffuseur genre Scialytique à 1 m 50 du champ opératoire.

Eclairage du plan opératoire : 5.200 lux.

Eclairage de la table à instruments : 18 lux.

Nature des interventions :

Kyste région incisive supérieure et canine incluse.

(Brillances exprimées en nits.)

POINT VISE	NITOMETRE				PHOTOGRAPHIE	MOYENNES
Fond de la cavité.	30	50			43 40	40,7
Muqueuse (ombre)	175	20	44	44		70,7
Muqueuse (éclair.)	385	285	330	285	400	337
Dents.....	660	990			1.000	853
Reflets sur instruments.....	2.870	5.450			20.000 + de 20.000 1.600	
Champ	1.105	(2.630)			1.400 1.230	1.308
	1.305				1.500	
Manches du chirurgien		1.230				1.230
Mains	440	440			280 550 360	414
Fond		57			56	
<i>Table à instrum. :</i>						
Champ		13,2			8 9 8,5	9,6
Reflet sur instrum.		176			100	
Fond de la salle..	10	5			7 6,5 5	6,7

(Le nombre entre parenthèses (2.630 nits, brillance des champs) traduit une valeur très différente de la moyenne et est probablement dû à la projection d'un reflet sur le point mesuré.)

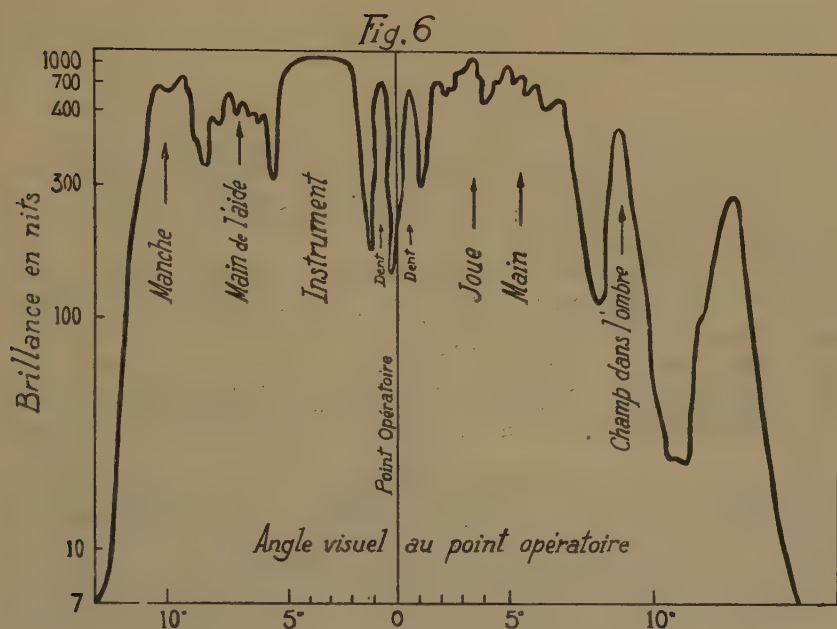
Si nous traçons une ligne allant d'un côté à l'autre du champ opératoire en passant par la plaie, nous pouvons construire la courbe des brillances que nous rencontrons. Notre ligne coupe successivement : le fond de la pièce, la manche de l'aide, sa main, un instrument, l'arcade dentaire, la muqueuse et la plaie, la joue du patient, la main du chirurgien, une portion de champ dans l'ombre, la blouse d'un assistant. (Fig. 6).

La ligne ne passe sur aucune portion de champ en pleine lumière ; mais la manche de l'assistant dépasse déjà 700 nits.

Nous constatons que le chirurgien opère sur des points dont la brillance varie entre 40 et 340 nits (fond de cavité du kyste - muqueuse éclairée) alors que tout autour se trouvent des objets de brillance plus élevée (1.300 nits pour les champs, plusieurs milliers de nits pour les reflets).

D'autre part, chaque fois qu'il se tourne pour prendre un instrument, ses yeux ont à subir l'écart 1.300 à 9,6 nits. Et le reste de la salle est encore plus sombre (6, 7 nits).

Nos mesures révèlent des écarts supérieurs à ceux qui avaient conduit les Américains Alexander, Lee et Ickis (12) à proposer l'abandon des champs blancs et des instruments chromés.



Les variations de brillance notées par ces auteurs, pour les interventions chirurgicales qui se rapprochent le plus des interventions stomatologiques, sont les suivantes :

REGION	INTERVENTIONS	ECART DE BRILLANCE EN F.L.
Cou et thorax.....	Tumeur thyroïdienne	35-200
	Excision tumeur thoracique	4-440
	Thyroïdectomie	80-400
Crâne	Résection racine sensitive du trijumeau	18-330
	Trépanation pariétale	27-340

(Ecart de brillance = brillance minimum dans la plaie à brillance maximum dans le champ opératoire) (champs).

Nous avons ainsi passé en revue les conditions d'éclairage qui s'offrent actuellement aux stomatologistes, soit en dentisterie opératoire, soit en chirurgie.

Nous pouvons les résumer ainsi : faible éclairage d'ambiance, point opératoire beaucoup moins éclairé que les environs immédiats.

Quelles conséquences ces conditions apportent-elles en pratique ? Comment l'acuité visuelle, la sensibilité au contraste et les autres éléments de la précision de l'acte opératoire en sont-ils altérés ?

C'est ce que nous allons maintenant essayer de mettre en évidence.

IV. — EFFET PSYCHO-PHYSIOLOGIQUE DE L'ECLAIRAGE

Dans les deux chapitres précédents, nous avons envisagé l'aspect objectif de l'éclairage. Le problème a été abordé de l'extérieur, comme si le praticien n'était qu'une entité physique.

Pour la première fois, nous allons aborder ici le côté subjectif du problème, envisager les faits *du dedans*. Et nous introduisons ainsi le facteur humain, le facteur fatigue, le facteur psychologique et tant d'autres qui vont rendre l'étude d'une extrême complexité.

Si cette étude doit tendre, en définitive, à des résultats pratiques, il est absolument nécessaire de séparer, même arbitrairement, deux faits totalement dissemblables mais si étroitement unis qu'ils sont souvent confondus dans le langage courant. Ce sont : d'une part la *vision*, d'autre part le *confort visuel*.

— La *vision* est en quelque sorte une donnée de laboratoire, on mesure des « acuités » visuelles, des pouvoirs de séparation, des seuils d'excitation, des temps de perception. Nous dirons presque qu'il y a implicitement une notion de performance, de record. Par suite, de bonnes conditions de vision, si elles sont nécessaires, ne sont pas fatalement suffisantes pour être de bonnes conditions de confort. C'est une chose de distinguer au cours d'un test un très fin détail, c'en est une autre de travailler régulièrement et sans fatigue.

— Le *confort visuel* implique la notion de fatigue et d'efficacité, de régularité et de durée. Par suite, les épreuves seront orientées moins vers une limite que vers une efficacité et une moyenne meilleures. Au bout d'une semaine ou d'une année, des conditions qui pouvaient paraître satisfaisantes peuvent se révéler défavorables ; et la fatigue se montre : des erreurs, des lenteurs, des modifications de rythme viennent la révéler indirectement.

LES TESTS :

De cette dualité (vision-confort visuel) découle une méthode de travail particulière :

— Dans un premier temps, des *tests directs* recherchent des conditions de bonnes performances visuelles. Ces tests, devant être répétés un grand nombre de fois et sur des individus différents, sont nécessairement limités dans le temps ; ils durent quelques minutes.

— Les conditions de laboratoire ainsi trouvées sont essayées en pratique. Pour apprécier le confort visuel qu'elles donnent, on dispose (indépendamment de l'opinion subjective de ceux qui y travaillent) de deux ordres de tests :

a) Ou bien on reprend les tests directs précédents et on recherche si l'éclairage variant (et tout autre facteur restant inchangé) les performances visuelles varient. Ou encore on cherche à créer des tests directs de fatigue visuelle : tests sur lesquels nous reviendrons ;

b) Ou bien on examine, non pas la vision des sujets, mais leur travail. Ce sont les *tests indirects*.

En effet, tout autre facteur restant inchangé, lorsque l'éclairage varie, on constate que le pourcentage d'erreurs, le temps passé à une tâche donnée, en un mot la proportion d'efforts productifs varie également. Ces tests indirects sont très utiles en pratique industrielle ; mais on conçoit leur difficulté d'application lorsqu'il s'agit d'évaluer la fatigue d'un praticien qui opère. Cependant, ils nous fourniront d'utiles éléments de comparaison, notamment en ce qui concerne l'éclairage d'ambiance.

Devant la tâche du praticien, mobile, changeante, irrégulière, entraînant une fatigue visuelle bien plus délicate à apprécier, on voit qu'à des notions de simple physiologie de la vision vont s'ajouter des notions industrielles et économiques, tout un faisceau de faits convergents, pour essayer de cerner ce problème psycho-physiologique sans en altérer les données.

Notre plan d'étude découle de la méthode de travail précédemment définie :

- a) Données fournies par les tests directs,
- b) Données fournies par les tests de fatigue,
- c) Tests indirects et recoupements fournis par la pratique industrielle

Toutefois, quatre remarques sont nécessaires auparavant :

1° Il serait facile de déterminer les niveaux optima d'éclairage si la vision n'était possible que dans d'étroites limites, si, dès que les conditions favorables n'étaient pas remplies, des troubles divers apparaissaient, si les facultés d'adaptation de l'organisme ne compensaient pas de mauvaises conditions visuelles au point de les rendre imperceptibles à un examen superficiel. En ce qui concerne les brillances, l'œil peut « répondre » entre 10^{-7} et 10^5 F.L., soit un écart de 1 à 100 milliards (59). Cependant, l'œil étant adapté à un certain niveau (par exemple à un éclairage moyen), l'écart qu'il peut physiologiquement compenser est dans le rapport de 1 à 30 ou 40 environ (2, p. 486). Si cette valeur est dépassée, une compensation neuro-psychologique s'ajoute à l'adaptation physiologique. C'est-à-dire que toute adaptation à un écart supérieur entraîne une fatigue nerveuse.

2° Comme d'autres réactions physiologiques à un stimulus extérieur atteignant l'organisme, la vision répond à des lois logarithmiques, en particulier la loi de FECHNER : « La sensation de brillance S est proportionnelle « au logarithme de l'intensité i de l'éclairage, laquelle peut être évaluée en « unités énergétiques, si les lumières que l'on compare sont de même composition spectrale. »

Cette loi postule que ΔS (différence minimum perceptible de sensation) est constant ; approximation valable seulement aux brillances moyennes.

OSTWALD avait déjà publié des séries d'écarts perçus par l'œil comme équivalents et qui se rapprochent également de la progression logarithmique (42, p. 526) : 1 1,4 2,2 3,5 5,6 8,9 14 22 35 56 89 100 (blanc).

Par suite, il est commode de représenter les brillances sur une échelle logarithmique. WESTON, d'ailleurs, propose également une échelle logarithmique des éclairagements (94).

3° La vision d'un objet est fonction de quatre facteurs fondamentaux : la dimension, la brillance, le contraste entre l'objet et le fond, le temps accordé pour voir (1, p. 56). Ces quatre facteurs sont liés à la fois physiologiquement et psychologiquement :

— Physiologiquement, on peut, pour « mieux voir », augmenter un des quatre facteurs, par exemple augmenter la taille, ou encore compenser la faiblesse de l'un d'entre eux en augmentant les autres. (On peut compenser une dimension trop faible en augmentant, par exemple, la brillance. Si l'on ne dispose que d'une fraction de seconde pour voir, on peut augmenter le contraste.)

— Psychologiquement liés : on peut attribuer à l'un des facteurs une qualité inhérente à l'un des autres : par exemple, on voit mieux un objet plus grand (accroissement de la dimension), d'autre part on voit mieux un objet plus éclairé (accroissement de la brillance) ; or, inconsciemment on considère un objet mieux éclairé comme plus grand (et ceci indépendamment des phénomènes de diffusion par voisinage sur la rétine).

4° Différentes plages du champ visuel : nous devons schématiquement distinguer trois éléments de notre champ visuel : l'objet, le fond, autour du fond est l'entourage.

Ces différentes plages de notre champ visuel n'ont pas la même importance et il est commode de les chiffrer par les angles sous lesquels elles sont vues.

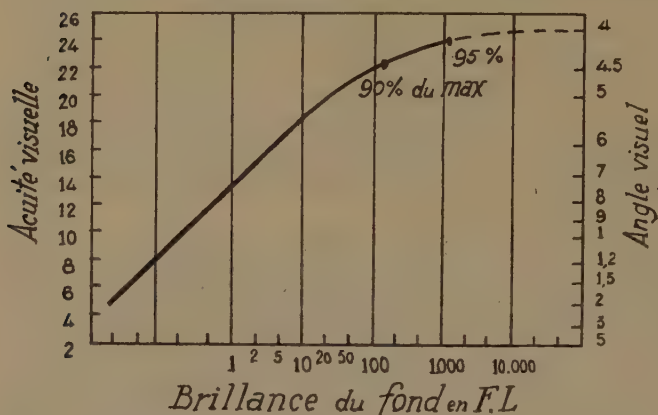
Lorsque nous travaillons, nous fixons le point où porte notre action, c'est le détail à voir sur l'objet. Pour le praticien, c'est le détail dans la plaie ou l'instrument qu'il saisit. Ce détail représente un angle de 1°. Ce qui est immédiatement autour est le fond. L'entourage importe surtout dans un cône de 60° centré sur le détail et ayant l'œil pour sommet. Le reste du champ visuel en dehors de ce cône représente l'ambiance (1, p. 218).

a) DONNÉES FOURNIES PAR LES TESTS DIRECTS.

Ces remarques étant faites, nous allons maintenant analyser les résultats que les tests directs ont apportés sur les points qui touchent notre étude. Et chaque fois nous tirerons les conclusions qui pourraient servir d'hypothèse de travail pour des applications pratiques.

LYTHGOES, WESTON et LUCKIESH ont analysé les quatre facteurs de la vision définis plus haut.

LYTHGOE (74) a exposé les résultats suivants concernant la brillance :



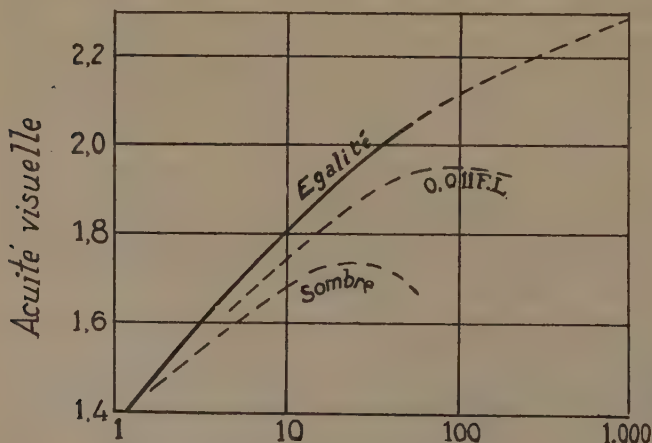
1° L'acuité visuelle croît de façon continue avec la brillance :

Elle tend asymptotiquement vers 2,46 pour les très fortes brillances.

Pour 150 F. L., elle atteint 90 % (2,2) du maximum possible.

Pour 1.300 F. L., elle atteint 95 % (2,35) du maximum possible.

Retournant le problème, WESTON a pu écrire (93) : « L'éclairage requis est inversement proportionnel à la troisième puissance de la taille du détail à voir. » Plus petit est le détail, plus intense devra être l'éclairage.



2° Considérons un objet et le fond sur lequel il repose.

Lorsque le fond reste sombre, l'acuité visuelle d'abord augmente avec la brillance, puis atteint un maximum et décroît (éblouissement par l'objet).

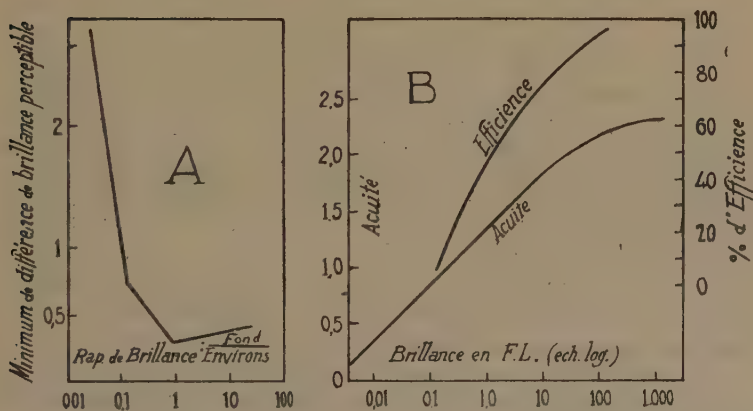
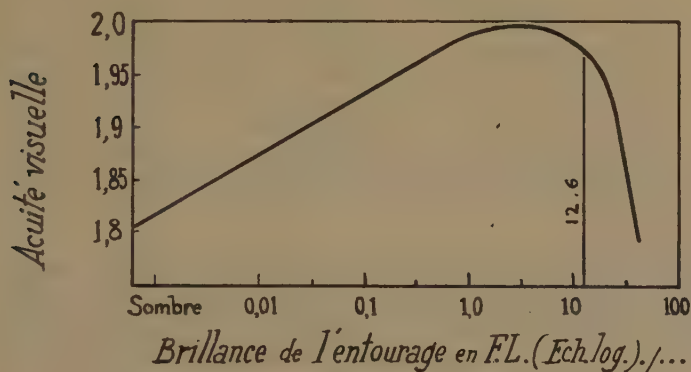
Si le fond est de même brillance que l'objet, l'acuité visuelle continue à croître en même temps que la brillance augmente. Par exemple, si le fond

est sombre, l'acuité maxima de 1.7 est obtenue pour 18 F.L. Si la brillance du fond est 0,011 F.L., l'acuité maxima dépasse 1,9 pour 60 F.L. S'il y a égalité entre le fond et l'objet, l'acuité continue à croître, quoique de plus en plus lentement, elle dépasse 2,2 pour 1.000 F.L.

Pour voir un détail, le praticien disposera donc de l'acuité visuelle maxima lorsque l'objet et son fond seront de brillances égales.

Nous venons de voir le rapport le plus favorable entre l'objet et le fond. Quel sera le rapport Fond/Entourage le plus favorable à une bonne vision ?

3° LYTHGOE a étudié ce troisième point en se basant sur les tests d'acuité visuelle. L'acuité visuelle croît lorsque la brillance de l'entourage se rapproche de celle du fond. Elle est maxima lorsque le fond est légèrement plus brillant que l'entourage. Elle diminue très rapidement dès que l'entourage est plus brillant que le fond (éblouissement).



COBB et MOSS (64 bis) se sont basés, non plus sur l'acuité visuelle, mais sur le seuil différentiel de brillance (1). Nous insisterons, d'une part sur ce changement de test de référence, d'autre part, sur cette notion de sensibilité différentielle qui joue un grand rôle dans la pratique opératoire : il s'agit, en effet (sous un éclairage donné et dans une tonalité générale imposée), de percevoir un détail (plan musculaire, paquet vasculo-nerveux) malgré le faible contraste qu'il présente avec son fond. (Fig. 10 - A.)

(1) On appelle seuil différentiel de brillance le plus petit contraste nécessaire entre un objet et son fond pour que l'œil puisse discerner l'objet sur son fond.

Pratiquement, on voit que si le rapport $\frac{\text{Brillance fond}}{\text{Brillance entourage}}$

diminue, c'est-à-dire lorsque les environs deviennent plus brillants que le fond, on devient très rapidement incapable de percevoir de faibles contrastes.

Lorsque $\frac{B.F.}{B.E.} = 1$, la perception des faibles contrastes est maxima.

Lorsque $\frac{B.F.}{B.E.}$ augmente, la perception des contrastes diminue progressivement.

Les tests dont nous venons de parler étaient des tests directs. Leur but était la recherche des conditions permettant de « mieux voir » ; or, il n'existe pas de critère parfait du « mieux voir ».

— Les trois premiers étaient basés sur l'*acuité visuelle* : mais il n'existe pas forcément un rapport simple entre le fait de voir un détail très fin, et l'efficacité, la facilité de vision. D'ailleurs, l'acuité visuelle est-elle facile à connaître ? (41, p. 247). Il ne semble pas, puisque tour à tour ont été employés les tableaux de lettres de taille croissante (Snellen), les anneaux brisés (Landolt), les traits parallèles (Luckiesh). D'autre part, l'acuité visuelle peut être restée le seul élément acceptable d'une vision par ailleurs fort décadente.

— Le quatrième test était basé sur le seuil différentiel de brillance. Cet élément est au moins aussi utile en pratique que l'acuité visuelle ; il est cependant bien rarement recherché en clinique. Mais est-il un meilleur critère du « mieux voir » ?

Il semble qu'il faille s'orienter vers des tests plus complexes, tels que les mesures d'efficacité visuelle, d'efficacité, de facilité de vision (ease of seeing) ; par exemple, sans rechercher la meilleure performance possible, on cherche à réaliser les conditions qui permettent d'atteindre 90 % du maximum possible (94). On peut également faire intervenir la vitesse et l'exactitude des réponses (1, p. 130) (pourcentage d'erreurs et, par suite, facteur de sécurité [1, p. 267]), etc. Ces méthodes répondent beaucoup mieux aux réalités pratiques.

C'est pourquoi on constate qu'il n'y a pas parallélisme entre les résultats des tests simples et ceux des tests d'efficacité. Ainsi, tandis que l'acuité visuelle a déjà considérablement ralenti son accroissement, l'efficacité visuelle, surtout pour les petits objets, continue à croître assez rapidement avec la brillance, c'est-à-dire en augmentant l'éclairement (93). (Fig. 10 B.)

Avant d'envisager les tests de confort visuel, condonsons les données que nous ont apportées les courbes 7, 8, 9, 10, qui commandent tout problème d'éclairage et donnons un bref aperçu des résultats des tests directs dans les problèmes d'éblouissement.

1° Si l'on recherche un travail précis (acuité), il faut élever le niveau d'éclairage. 90 % du maximum possible d'acuité sont atteints pour 150 F.L. 95 % sont atteints pour 1.300 F.L.

Si la brillance de l'objet est augmentée, il faut aussi augmenter la brillance du fond et des environs. L'égalité de brillance de l'objet, du fond et des environs donne la meilleure acuité et recule les limites de l'éblouissement. Les zones éblouissantes voisinant avec des trous d'ombre sont les conditions les plus défavorables.

2° Problèmes d'éblouissement :

La sensibilité au contraste, comme l'acuité visuelle, sont très diminuées par l'éblouissement. D'ailleurs, la sensibilité au contraste, très importante en pratique opératoire, est la donnée visuelle la plus vite perturbée par le moindre éblouissement ; elle est perturbée avant même que l'acuité visuelle ne soit altérée.

— L'action est d'autant plus défavorable que le contraste à percevoir et le niveau de brillance sont plus faibles. Par exemple (Luckiesh — 1, p. 230) :

une source éblouissante est placée à 5° au-dessus de la ligne de vision et envoie 5 F.C. dans les yeux du sujet :

Pour une brillance de :	Si le contraste est :	L'objet test, pour être visible, doit mesurer (angle en minutes) :	
		sans éblouissement	avec éblouissement
1 F.L.	2 %	15,2	très grand
	5 %	5,10	30,0
	20 %	2,21	4,33
	100 %	1,10	1,45
10 F.L.	2 %	10,7	33
	5 %	3,53	5,0
	20 %	1,52	1,71
	100 %	0,88	0,91
100 F.L.	2 %	5	6,1
	5 %	2,16	2,35
	20 %	1,05	1,08
	100 %	0,63	0,64

— L'action est d'autant plus défavorable que le point éblouissant est plus près de l'objet à voir. Par exemple (Luckiesh — 1, p. 231), un objet est éclairé par 10 F.C. ; une source éblouissante envoie 5 F.C. dans les yeux du sujet :

Si la source est à 5° de l'objet, 84 % de la lumière sont perdus par l'éblouissement :

—	10°	—	69 %	—	—
—	20°	—	53 %	—	—
—	40°	—	42 %	—	—

Les applications de ces données à la pratique opératoire sont évidentes : les plages brillantes, les champs blancs, les instruments chromés sont autant de sources d'éblouissement voisines du point opératoire.

b) TESTS DE FATIGUE

Les tests d'efficiencia sont déjà à la limite des tests de confort visuel. Le problème est maintenant de trouver des réactions qui se modifient sous l'action de la fatigue visuelle *, c'est-à-dire des tests de fatigue. Nous devons à LUCKIESH, à MOSS, à WESTON, entre autres, beaucoup de recherches pratiques.

Sous l'action d'une tâche visuelle difficile (éclairage insuffisant, détails trop petits, par exemple), LUCKIESH a noté :

- une augmentation de la tension musculaire et nerveuse (67 bis) ;
- une baisse du rythme cardiaque (70 bis) ;
- un abaissement de la réserve de convergence (69) ;
- une augmentation du diamètre de la pupille (67) ;
- une augmentation de la durée moyenne de la pause de fixation (61) ;
- une augmentation de la fréquence du clignement involontaire (77).

Le tableau suivant (1, p. 200) (86) nous donnera l'ordre d'importance de ces modifications :

La tâche visuelle (lecture) est fixe.

L'éclairage est variable : 1, 10 et 100 F.C.

* Il convient d'ailleurs de dissocier *fatigue* et *adaptation*. Sous l'action d'un même stimulus, un organisme donne des réponses variables : traduites graphiquement, la courbe d'adaptation aboutit à un plateau. La courbe de fatigue aboutit à une chute.

Critère	1 F.C.	10 F.C.	100 F.C.
Acuité visuelle	100 %	130	170
Sensibilité au contraste	100 %	280	450
Tension musculaire et nerveuse.....	63	54	43
Fréquence de clignement après 1 h de lecture	100	77	65
Abaissement du rythme cardiaque après 1 h	10 %		2 %
Abaissement de la réserve de convergence après 1 h	23 %		7 %

Etudions comment ces tests sont réalisés en pratique et voyons s'il serait possible de les appliquer à un praticien.

a) *Tension musculo-nerveuse* (67 bis). — Cette donnée est fournie par l'enregistrement de la pression (due à la crispation inconsciente de la main) qu'un sujet, non prévenu, exerce sur le bras de son fauteuil pendant la lecture. Ce test semble difficilement applicable à un praticien : il exige une certaine immobilité et bien des facteurs peuvent le perturber.

b) *Rythme cardiaque*. — Pas de difficulté dans cette recherche ; mais il y a trop d'éléments perturbateurs au cours du travail d'un praticien pour attribuer les variations de ce rythme exclusivement à la fatigue visuelle.

c) *Réserve de convergence des muscles oculaires*. — Ce test semble exiger pour sa recherche un appareillage spécial. De plus, une dizaine de minutes après la fin du travail, les modifications ne sont plus perceptibles.

d) *Diamètre de la pupille*. — Ce test exige également un appareillage précis. Par contre, au cours d'un travail visuel assidu, il y a accumulation de l'effet pendant la semaine, et retour à l'état initial seulement après le jour de repos.

e) *Pause de fixation*. — Cette recherche demande des électromyogrammes et ne semble pas applicable à un praticien.

f) *Fréquence du clignement involontaire*. — M. LUCKIESH et Frank K. Moss ont, les premiers à notre connaissance, trouvé en ce réflexe un critère de la fatigue oculaire et du confort visuel (77, 78).

Jusqu'alors, on n'avait vu dans le clignement involontaire qu'un facteur favorisant :

- 1° les mouvements pupillaires ; créant par le mouvement mydriase-myosis une détente des muscles iriens ;
- 2° la circulation oculaire, avec modification de la tension oculaire ;
- 3° la circulation des larmes et le balayage de la surface cornéenne.

— Enfin, une fonction visuelle : effacement rapide de l'image précédente et vision nette de la suivante (42, pp. 4 et 14).

LUCKIESH écrit (1, p. 207) : « Il était tentant de se servir du taux de clignement involontaire comme critère possible du confort visuel, pour deux « premières raisons importantes :

« Premièrement, les physiologistes étaient en général arrivés à la conclusion que le clignement est un mécanisme de détente et, par suite, est lié à l'effort et à la fatigue. D'où il semblait raisonnable que le clignement fût « fonction du confort visuel.

« Deuxièmement, le clignement involontaire est un réflexe, c'est-à-dire « un acte involontaire, et le contrôle de la volonté ne s'exerce pas sur la fréquence de clignement chez les sujets absorbés par cette tâche visuelle « qu'est la lecture. Ceci n'est pas vrai, par exemple, de la vitesse de lecture, « sur laquelle pourrait influencer l'attitude ou l'intérêt du lecteur.

« D'ailleurs, dans nos premières séries de recherches sur le taux de clignement, les sujets ne savaient pas que nous faisons attention aux clignements ; mais ceci ne sembla pas apporter de différence.... »

Etudions, par quelques exemples empruntés à LUCKIESH (1, pp. 208, 210, 222), la sensibilité de ce test en fonction de :

— La durée de la tâche : une heure.

5 premières minutes	100
5 minutes intermédiaires	146
5 dernières minutes	171

— La taille des caractères d'imprimerie :

12 points.....	100
6 points.....	148

— L'éclairement et la durée :

(pourcentage d'accroissement pendant une heure)

100 F.C.	8 %
10 F.C.	31 %
1 F.C.	72 %

— L'éclairement d'un objet par rapport à son fond :
(brillance du fond)

5 fois celle de l'objet	111
égale à celle de l'objet	100
1/5 ^e de celle de l'objet.....	108
1/25 ^e de celle de l'objet.....	117
1/100 ^e de celle de l'objet.....	124

(On voit que nous retrouvons une courbe analogue à celles de LYCHTGOES et de COBB et MOSS.)

— L'éblouissement :

sans éblouissement	100
avec une ampoule de 50 watts à 90 cm devant le lecteur et à 20° au-dessus de la ligne de vision..	156

En définitive, ce test assez sensible ne nécessite pas pour sa recherche d'appareillage particulier. Il semble, en ce qui concerne notre étude, que le test de fréquence du clignement involontaire soit le moins difficile à appliquer à un praticien pendant son travail. Cependant, plusieurs problèmes se posent :

— Un problème de « comptage » : ne pas laisser passer de clignements pendant la mesure. D'autre part, du côté du praticien la crainte de recevoir une projection dans l'œil produit un clignement de défense qui ne saurait être compté dans le taux de clignements involontaires. Toutefois, on peut, arbitrairement, assimiler trois de ces clignements de défense à un clignement involontaire ;

— D'autre part, les variations de l'attention portée au travail selon les moments plus ou moins délicats de l'acte opératoire interviennent peut-être. Il semble qu'il y ait moins de clignements aux moments de grande tension nerveuse, et compensation aux moments de détente ;

— Le fait que le praticien se sache observé intervient probablement au début, mais, dès que l'acte opératoire réclame son attention, il ne semble plus possible de noter cette influence. D'ailleurs, cette période de début intervient dans les bonnes conditions de vision comme dans les mauvaises, et, par suite, s'annule. Enfin, on pourrait envisager de suivre le praticien à travers un système optique ; mais ce système, par la limitation du champ, serait un handicap plus qu'une amélioration.

De toute façon, il est absolument nécessaire de pouvoir faire des moyennes portant sur des nombres et des temps suffisants.

Pour l'étude de la tâche visuelle d'un praticien, il est probable que d'autres tests peuvent être adaptés ou inventés. En ce domaine peu exploré, le champ d'expérience reste vaste.

Maintenant que nous disposons de tests permettant de comparer les conditions de vision sous différents éclairages, et avant d'étudier les tests indirects, nous pouvons répondre à une question restée en suspens au chapitre 2 : y a-t-il une différence entre les performances visuelles réalisées sous éclairage ordinaire (tungstène) et celles réalisées sous éclairage fluorescent ? Il ne semble pas (53) : l'étude de l'acuité visuelle *, du taux de clignement, de la durée de la pause de fixation, de la réfraction oculaire n'ont pas montré à LUCKIESH de différences notables.

En conclusion de cet aperçu sur les tests de fatigue visuelle, nous voyons s'affirmer et se confirmer les notions essentielles apportées par les tests directs, c'est-à-dire : nécessité d'un éclairage suffisant, recherche de l'égalité de brillance dans le champ visuel, élimination des plages trop brillantes et des trous d'ombre, importance nocive des objets éblouissants voisins de la ligne de vision.

c) TESTS INDIRECTS ET RECOUPEMENTS FOURNIS PAR LA PRATIQUE INDUSTRIELLE

Il était tentant de penser que, dans la vie courante, l'influence pratique du facteur éclairage se révélerait beaucoup moins importante qu'elle ne le paraissait dans les conditions artificielles de laboratoire et que l'intérêt des tests précédemment définis resterait du domaine théorique. Il semblait aussi que l'importance du confort visuel serait minime par rapport aux autres éléments d'un travail (instrumentation, choix des matières, rythme des machines, position du sujet, etc.).

Il n'en fut rien, car les nécessités de la guerre, obligeant à coordonner tous les moyens d'accroître la production, ont donné un nouvel essor aux recherches sur le confort visuel, et les résultats pratiques obtenus, notamment dans les usines anglaises, ont pleinement confirmé les études précédentes.

On s'est aperçu, de plus, que le confort visuel et l'ambiance lumineuse générale commandaient non seulement le rendement d'une usine, mais encore la sécurité et la tonalité psychologique des ouvriers. On a montré, par exemple, un rapport certain entre une régression de l'absentéisme (124) et une ambiance lumineuse devenue plus agréable, avec des murs de couleur claire et une lumière mieux répartie.

Nous avons appelé *test indirect* le fait de juger le confort visuel d'un sujet par son travail, et non plus par des épreuves visuelles : ainsi (WESTON) (71, 102), compter le temps mis pour barrer certains signes imprimés sur une feuille (la dimension, le contraste, la brillance étant variables), compter les erreurs commises ou encore analyser les variations des fautes de frappe lorsque l'éclairage varie, sont des tests indirects.

Transposée du laboratoire à l'usine, cette méthode nous apporte des renseignements dans les cas où les tests directs seraient impossibles ou gênants. Elle nous apporte des faits chiffrables et analysables. Elle met l'accent sur l'ambiance générale, cet élément qui, *a priori*, semblait impondérable. Elle permet de passer de l'échelon individuel à l'échelon social où les innombrables facteurs d'erreur s'équilibrent et se compensent davantage et où la tonalité affective dominante se dégage beaucoup mieux. Elle permet de revenir, ensuite, à l'échelon individuel avec une information et des moyens d'action accrus.

Nous avons vu au chapitre III que le praticien est obligé, le plus souvent, de regarder des plages alternativement claires et sombres en raison des écarts de brillance existant entre le champ opératoire et, par exemple, la table à instruments. La fatigue qui en résulte serait difficile à apprécier.

Or, lorsque nous plaçons un ouvrier dans des conditions analogues, c'est-à-dire lorsque son travail l'oblige à regarder alternativement deux plages différemment éclairées, nous obtenons :

* Sauf pour la lumière, pratiquement monochromatique, du sodium qui donne une meilleure acuité, par élimination des aberrations chromatiques.

Brillance des plages

égalité

1/10°

1/100°

Rendement du travail

100 % (pris comme base)

97 %

88 %, soit une perte de 12 %

Le test du clignement aurait donné :

5' 100 %

5' 146

5' 171

} % du taux trouvé lorsque les plages
sont de même brillance (1, p. 226).

Durée.... 15'

Dans une autre usine, lorsque le point de travail est cinq fois plus clair que l'entourage, réduction de 77 % du rendement ; lorsqu'il est cinq fois plus sombre, réduction de 88 % ; lorsqu'il y a égalité : rendement maximum (107 bis).

La quantité n'est pas le seul élément d'un travail, la *qualité*, les erreurs importent également. Dans l'industrie, les erreurs se chiffrent, se contrôlent. En médecine, rien de semblable. On peut dire, d'un certain point de vue, que le travail d'un praticien n'est jamais identique à lui-même, il n'est pas analysable statistiquement.

Lorsque se produit une erreur, la complexité des facteurs favorisants et déterminants est souvent telle que l'isolement du facteur éclairage reste impossible. D'ailleurs, quelle peut être la notion même d'« erreurs » pour une tâche médicale ?

Un geste est-il entaché d'erreur dès qu'il n'a plus la précision impeccable de l'acte opératoire, ou bien sera-t-il considéré comme erreur sur ses conséquences défavorables ?

Un geste a-t-il quitté la rigueur classique par imperfection ou par souci d'adaptation aux circonstances ?

Les notions d'erreur, encore plus celles de rendement, paraissent ne pas exister, ou, plus exactement, nos moyens d'investigation sont trop imparfaits pour les mettre en évidence. En fait, la qualité d'un travail varie avec l'éclairage. Cela est vrai pour tout individu, qu'il soit chirurgien ou qu'il contrôle une machine.

Prenons un exemple cité par LUCKIESH (86 bis, fig. 21) : dans une certaine usine on installe, au cours de l'année 1934, un nouveau système d'éclairage. La courbe de production et le pourcentage d'erreurs s'établissent ainsi :

Années	Production	% d'erreurs
Début 1934 (avant)	240	7
1935	320	4
1936	380	2,5

Comme la quantité et la qualité du travail, la sécurité s'accroît également : dans un atelier de mécanique, le fait d'accroître l'éclairage de 6 à 16 F.C. réduit de 20 % le taux d'accident (92).

Mais la répartition des sources, l'absence d'éblouissement, autant que la quantité de lumière, interviennent (90).

Au cours d'essais effectués par WESTON (1938) chez les tisseurs de laine, le temps passé en réparations diminue de 10 à 20 % par rapport au temps initial. Des lampes de 100 W. bien placées et non éblouissantes donnent une diminution de 20,69 %, tandis que les lampes de 200 W. ne produisent qu'une diminution de ce temps de réparation de 20,53 et même 10,78 % si elles gênent et éblouissent (75, p. 16).

En 1948, HOWELL (118, p. 487) cite dans le tissage de la rayonne des tests récents faisant intervenir à la fois comme sources les lampes ordinaires au

tungstène et les tubes fluorescents et, comme critères, les watts dépensés par métier, les F.C. produits, les pourcentages d'erreurs et la production :

Test N°	Source	Watts par métier	F.C. sur un plan de travail horizontal	Moyenne des erreurs par 100 yards de tissu	Nbre de yards de tissu produits à temps égal
9	Fluoresc. 80 W.	135	24 - 26	7,9	138,7
3	Ordin. 200 W., réflect. opale	300	39 - 42	15,7	123,8
6	Fluoresc. 80 W.	135	27 - 30	9,4	137
origine	Ordin., réflect. conique métal émaillé	80	4 - 11	12,7	103,2

Bien d'autres exemples industriels peuvent être cités, mais, d'une façon globale, tous les résultats des études industrielles aboutissent finalement à la mise en évidence des principes suivants qui semblent avoir réalisé l'accord unanime des éclairagistes anglais et américains :

Le meilleur confort visuel est obtenu lorsque les conditions suivantes sont réalisées :

— Le travail doit toujours recevoir beaucoup plus de lumière que les yeux (82) ;

— Les surfaces, particulièrement celles voisines de la ligne de vision, ne doivent pas présenter des écarts de brillance considérables (82) ;

— La tâche visuelle doit être la chose la plus brillante du champ visuel et avoir le contraste le plus grand possible* (125, p. 48) ;

— Le fond ne doit pas avoir moins d'un tiers de la brillance du travail, ni être plus clair que le travail (125, p. 48) ;

— Les environs doivent avoir une brillance moyenne de l'ordre d'un dixième de celle du travail (125, p. 48) ;

— Les reflets produits par une source sont d'autant moins gênants que la source est plus étendue et de moindre brillance (82).

Selon la difficulté de la tâche visuelle, l'intensité lumineuse nécessaire est généralement estimée à :

500 lux pour les travaux minutieux et prolongés + éclairage d'ambiance ;
1.000 lux + 200 lux d'éclairage d'ambiance, pour les travaux de précision (46).

De toutes façons, l'éclairage d'ambiance doit toujours être supérieur au dixième de l'éclairage local.

Aux Etats-Unis, les niveaux adoptés sont encore supérieurs : 2.000 lux pour les travaux de précision (105).

En chirurgie, 25.000 lux se rencontrent en salle d'opérations (12) ; les niveaux les plus généralement adoptés se situent entre 10 et 18.000 lux (20, p. 261) (105).

Les résultats donnés par WESTON et par HOWELL ont été, évidemment, obtenus en modifiant le nombre, la puissance, la répartition, la nature des sources d'éclairage, mais également en modifiant toute l'ambiance lumineuse des lieux de travail pour répondre aux principes ci-dessus.

La nécessité de perdre le moins de lumière possible, comme la nécessité d'éviter les grands contrastes, ont conduit aux teintes claires et agréables.

Et, tandis que beaucoup de praticiens travaillent encore dans des pièces aux tentures sombres, éclairées seulement par le diffuseur ou par une lampe supplémentaire à la fois insuffisante et éblouissante, il y a des années que

* Notons que, dans toute notre étude, nous avons peu insisté sur la notion : contraste du détail à voir, par rapport au fond ; bien que cette notion soit très importante pour la visibilité d'une tâche. Mais, dans les conditions opératoires, la valeur de ce contraste nous est imposée : il est donc malheureusement inutile de développer cette notion.

l'accent a été mis sur la nécessité de pièces claires, de couleurs agréables, et sur le bien-être physiologique et psychologique qui en résulte.

De 1925 à 1948, en Angleterre, plus de soixante études ont été consacrées au problème du travail en fonction des couleurs. Citons : les Rapports annuels de l'Inspection Générale du Travail en 1944, 45 et 46 (95, 98, 103), Psychologie des couleurs, de HEARNshaw (72), Couleurs et Santé (89), Couleurs et Eclairage dans les Usines (104), Bulletin de la Royal Society pour la prévention des Accidents en 1938, 1939, 1941, 45 et 46, Psychologie des Couleurs et Efficience Industrielle (110), Confort du Travailleur Industriel et Plan Architectural. Enfin, cinq sur dix des communications du Congrès de novembre 1948 de l'Institut Royal des Architectes Britanniques ont été consacrées à la Couleur.

D'une façon générale, la couleur nous apporte :

- la possibilité de substituer un *contraste de teintes*, qui peut être harmonieux et agréable, à un contraste de brillance toujours plus fatigant ;
- la possibilité de compenser la diminution du relief que donnait le brusque jeu des lumières et des ombres, par un contraste de couleurs, plus reposant ;
- enfin, la possibilité de sortir du dilemme : atmosphère clinique (blanc laqué), ou atmosphère ancestrale (boiseries foncées, murs désespérants, tentures, meubles, velours sombres et ténébreux).

Il semble qu'il soit possible de créer une ambiance très agréable avec des plafonds clairs très légèrement teintés (F.R.D. vers 70) et bien éclairés. Les couleurs pastel (F.R.D. entre 65 et 50) — les beiges clairs, les crème, les ocre rose, les gris chauds, les gris bleutés ou les verts atténués — pour les cloisons seront rehaussées par des tons plus soutenus (marron, bordeaux, gris, bleu-vert) qui, appliqués sur les moulures ou en bandeaux minces, soulignent le contour des objets, contribuent au relief et font couleur de contraste.

Toutes ces couleurs devront être *mates*. Le sol sera un ton plus foncé (F.R.D. 35 à 25), sans être sombre. Une teinte chinée ou marbrée sera moins salissante.

Ici se rejoignent les domaines du praticien, du physiologiste, de l'éclairagiste et du décorateur.

Les notions d'harmonie entre chaque élément, d'unité esthétique, d'ambiance générale doivent être considérées, étant donné leur importance, dans la psychologie du travail.

Dans un cadre discordant, le fait de modifier un seul élément (par exemple, augmenter la puissance du diffuseur) sans adapter l'ensemble substitue un déséquilibre à un autre sans amélioration réelle.

L'ambiance où le praticien est appelé à passer une grande partie de sa vie mérite mieux qu'un éclairage et une décoration anarchiques.

V. — RESULTATS PRATIQUES ET CONCLUSION

Nous possédons maintenant tout un faisceau de notions qui vont nous permettre de reprendre les problèmes posés par l'éclairage du praticien, et d'en poursuivre la solution avec des moyens d'action accrus.

Nous avons donné, au chapitre III, un aperçu des conditions sous lesquelles travaillent actuellement les praticiens. Dans le chapitre IV, nous avons exposé les principes auxquels doit répondre tout éclairage pour être suffisant et confortable.

Nous devons maintenant adapter à l'éclairage opératoire les principes que nous venons d'exposer.

Il est des facteurs favorisant une bonne vision sur lesquels nous pouvons facilement agir. Il en est d'autres sur lesquels notre action reste très limitée, parce qu'ils sont liés à la nature même de notre domaine opératoire : en particulier, nous ne pouvons que difficilement diminuer l'écart de brillance qui existe normalement entre les dents et la muqueuse. Les dents ont un facteur de réflexion diffuse de 60 %, et les tissus de 10 %. Par suite, les dents deviennent éblouissantes si l'on éclaire suffisamment pour opérer au fond d'une cavité kystique. Signalons toutefois qu'il serait possible de passer rapidement, au début de l'intervention, un enduit sur l'émail ; un peu de mercurochrome ou de sang en atténue déjà beaucoup l'éclat.

Nous ne pouvons que très difficilement augmenter le contraste entre les divers détails de la plaie pour les mieux discerner. Ainsi, un paquet vasculaire ne tranche pas nettement sur un plan musculaire : il s'agit d'un contraste rouge sur rouge.

Signalons cependant que, sous la lumière émise par certaines sources (notamment les lumières à spectre de raies), il est possible que soient très augmentés les contrastes entre les éléments anatomiques. Pour certaines interventions, il serait souhaitable d'utiliser un éclairage local de cette nature. Ce serait une application pratique de la déformation des couleurs et il serait intéressant d'effectuer des essais en ce domaine.

En ce qui concerne le Facteur de Réflexion diffuse de la muqueuse, nous avons cité le chiffre global de 10 à 15 %. Or, nous ne connaissons pas de recherche plus précise sur ce point. Pouvoir tracer rapidement la courbe de variation du F.R.D. d'une muqueuse, en fonction de la longueur d'onde de la lumière incidente, serait utile. Il est probable, en effet, que, lors des altérations pathologiques de la muqueuse, l'aspect de la courbe serait modifié, et la méthode pourrait ainsi prendre un caractère diagnostique.

Les principes d'éclairage étudiés au chapitre IV sont des principes généraux. Appliqués à l'éclairage opératoire, ils permettent de définir le niveau d'éclairage et la répartition de la lumière.

— NIVEAU D'ECLAIRAGE :

Si nous désirons, lors d'une intervention, disposer de 90 % du maximum possible d'acuité visuelle, notre point opératoire doit avoir une brillance d'environ 150 F.L., soit 510 nits. Pour obtenir cette brillance sur une muqueuse, il faut envoyer plus de 10.000 lux. Toutefois, 90 % du maximum d'acuité visuelle ne sont pas constamment nécessaires ; et, pour les travaux courants, 1.000 à 3.000 lux peuvent suffire.

— REPARTITION DE LA LUMIERE :

Le champ opératoire doit être de brillance uniforme, ou, tout au moins, les écarts ne doivent pas dépasser le rapport 1 à 3 ; le point opératoire étant le point le plus brillant. Le fait de travailler alternativement sur des plages claires et sombres entraîne une fatigue visuelle considérable. Par suite la table où le praticien choisit ses instruments doit présenter la même brillance que le point opératoire. Pour cela, il faut, ou bien éclairer spécialement cette

table, ou bien la rapprocher suffisamment du point opératoire pour qu'elle soit éclairée en même temps.

Nous avons exposé, chapitre I (Conditions de travail), pourquoi il était souhaitable de restreindre l'espace « table à instrument-point opératoire ». En limitant cet espace à 45°, il devient plus commode d'en réaliser l'éclairage uniforme.

Si nous pouvons difficilement agir sur les écarts de brillance entre dent et muqueuse, et sur le manque de contraste entre les différents éléments anatomiques, il nous est, par contre, possible d'éviter de placer nous-même des objets éblouissants dans le champ opératoire. La muqueuse, les tissus sur lesquels nous opérons ont un facteur de réflexion de 10 % ; si nous désirons que le point opératoire reste le point le plus clair du champ opératoire, il est nécessaire de n'introduire aucun objet ayant un F.R.D. de plus de 10 % : par suite, il serait souhaitable de modifier la présentation des champs, des compresses et des instruments. Les champs et les compresses, dont normalement le F.R.D. atteint 75 %, doivent être teintés. Il faut obtenir un F.R.D. voisin de 10 %. La couleur importe peu ; pour des raisons psychologiques, on élimine les gris, les rouges, et les couleurs trop vives ; il reste les marron, les bleus et les verts atténués.

L'obstacle qui a empêché une diffusion plus large des champs teintés est le manque de solidité de la couleur. Des tissus teintés dans la masse, par exemple les tissus de verre, semblent échapper à cet inconvénient.

Les compresses doivent rester en tissu hydrophile absorbant ; le manque de solidité de la teinte n'a pas d'importance, puisqu'elles ne servent qu'une fois.

En ce qui concerne les instruments, la présence de ces petits miroirs chromés et polis, sous le faisceau intense des projecteurs, est un paradoxe.

Au cours de cette étude, nous avons maintes fois signalé les troubles que ces petits reflets intenses, variables et incontrôlables apportent dans le champ visuel.

Il est indispensable de réaliser des instruments mats et, si possible, d'un F.R.D. voisin de 10 %. De plus, s'il était possible que l'instrument soit teinté et que des teintes différentes et conventionnelles soient employées pour les divers temps d'une intervention, la tâche du chirurgien pourrait s'en trouver facilitée.

La question se ramène à un problème de technique industrielle : il s'agit d'obtenir une *préparation de surface* des aciers chirurgicaux qui soit mate, colorée ou colorable, dure, résistante à la corrosion et à la stérilisation. Il faudrait aussi que ce procédé soit applicable à peu de frais aux instruments déjà existants. Des recherches sont en cours en ce domaine.

Si nous modifions, comme il vient d'être indiqué, les champs, les instruments et les compresses, nous obtenons un champ opératoire de brillance bien plus homogène. Il est alors possible d'accroître la brillance du point opératoire suffisamment pour obtenir 90 % du maximum d'acuité visuelle sans être gêné par des surfaces éblouissantes et sans que les yeux du praticien aient à subir des écarts de brillance trop violents.

Ces modifications ont été réalisées pour des interventions pratiquées dans le Service de Stomatologie de l'Hôpital de la Pitié.

A titre expérimental, les champs ont été teintés de façon à obtenir un F.R.D. voisin de 10 %, la nuance employée (élément d'importance secondaire) était le bleu. Les instruments ont été provisoirement recouverts d'une pellicule cellulosique de F.R.D. voisin de 20 %, de teinte vert atténué ; les compresses étaient également teintées, en bleu.

Nous avons essayé de savoir s'il serait possible de mettre en évidence, par un test, une différence entre la fatigue visuelle apparue lors des interventions pratiquées sur un champ opératoire ordinaire, et celle apparue lorsque le champ opératoire est ainsi préparé.

Champ opératoire ordinaire et champ préparé ont été utilisés alternativement. Nous avons pris comme test de fatigue visuelle le test de clignement involontaire. Nous avons noté, à différents moments des opérations, le temps passé pour vingt clignements. Ce temps est d'autant plus court que les clignements sont plus rapprochés, c'est-à-dire que la fatigue est plus considérable. Comme il ne nous a pas été possible d'effectuer suffisamment de mesures avec

champs préparés pour établir une moyenne valable, nous donnons ici les mesures brutes. Pour les champs ordinaires, le nombre de mesures permet d'établir une moyenne.

PRATICIEN	TEMPS POUR 20 CLIGNEMENTS	
	Champs blancs instruments chromés mesures :	Champs teintés instruments mats mesures :
I	3 m, 2 m 45 s, 2 m 50 s, 2 m 25 s, 2 m 50 s, 3 m, 1 m 30 s, 2 m 50 s, 1 m 45 s, 2 m, 3 m 30 s, 3 m 30 s, 3 m, 2 m 15 s. Moyenne : 2 m 36 s.	2 m 45 s 3 m 45 s
II	2 m 45 s, 4 m 15 s, 3 m 45 s. 2 m, 1 m 50 s, 1 m 35 s, 3 m 25 s, 1 m 40 s, 2 m 35 s, Moyenne : 2 m 38 s.	6 m 45 s 3 m 10 s

Bien que le nombre restreint de mesures ne permette pas de conclusions fermes, il semble cependant que le temps pour vingt clignements ait tendance à augmenter lorsque des champs teintés et des instruments mats sont employés. Et cette tendance se manifeste malgré les facteurs personnels variant d'une semaine à l'autre chez un même praticien, et malgré la diversité des cas qui se présentent pour un même type d'intervention.

Nous pensons reprendre ultérieurement l'étude comparative des conditions visuelles opératoires en utilisant en même temps les tests de fatigue visuelle et des tests indirects adaptés à cette recherche.

Pour revenir à la dentisterie opératoire courante, il y aurait également intérêt à employer des instruments mats, et à rechercher dans le commerce des cotons et des serviettes teintés. Il est en effet habituel qu'afin d'éviter d'éblouir son patient le praticien centre son projecteur assez bas, et la serviette blanche devient ainsi le point le plus éclairé.

En ce qui concerne les sources de lumière, nous avons constaté qu'il n'existe pas de source parfaite.

Il semble souhaitable d'utiliser un appareil d'éclairage local donnant une lumière diffuse, sans ombre portée, et fournissant légèrement moins de lumière que la quantité nécessaire. Cet appareil, qui ne doit pas éblouir le patient, est destiné à créer une certaine uniformité de brillance sur tout le champ opératoire.

Un faisceau de lumière, dirigé et maniable, vient apporter sur le point où porte l'intervention le complément d'éclairage nécessaire ; un petit projecteur ou un miroir frontal produit facilement ce faisceau. Le miroir frontal tel qu'on le trouve trop souvent dans le commerce semble n'avoir bénéficié, depuis quarante ans, d'aucun progrès technique. Au moment où triomphent les alliages légers, les métaux inoxydables et les matières plastiques, c'est toujours une masse de verre argenté, de laiton et de bakélite serrant lourdement la tête. Le miroir est cependant une des meilleures sources d'éclairage d'appoint.

On peut également mentionner, pour certaines interventions, ces écar-teurs éclairants où la lumière est transmise par une suite de réflexions le long d'un cylindre de matière plastique transparente.

Quel que soit l'appareil d'éclairage local choisi, l'éclairage général demeure nécessaire, aussi bien en salle d'opération que dans le cabinet du praticien. C'est le rapport entre : éclairage local et éclairage général qui conditionne le confort. La brillance moyenne de la pièce ne doit pas être inférieure au dixième de la brillance du champ opératoire. Les reflets gênants et les trous d'ombre doivent disparaître, la pièce doit être uniformément éclairée.

Pouvoir prendre une photographie sans que le cliché obtenu présente des parties sur ou sous-exposées est un moyen simple de s'assurer qu'une pièce présente un éclairage suffisant et uniforme.

Pour éviter la diminution du relief et la monotonie qui pourraient résulter d'un éclairage uni, il y a lieu de substituer aux fatigants contrastes de brillances des contrastes de couleurs qui soulignent le contour ou les détails des objets.

L'éclairage d'ambiance par tubes fluorescents semble tout indiqué, à condition que les tubes ne soient pas visibles pour le praticien. Il est, de plus, relativement simple d'employer pour ces tubes un verre opaque à l'ultra-violet. L'éclairage par fluorescence permet d'élever le niveau de brillance d'une pièce sans dépense d'énergie excessive. La nécessité de ne pas tomber au-dessous du dixième des brillances du champ opératoire conduit, nous l'avons vu, aux couleurs claires.

Ainsi peut se trouver réalisée une ambiance harmonieuse, alliant de bonnes conditions opératoires à un confort visuel considérablement accru.

CONCLUSIONS

Si nous reprenons maintenant les questions qui se posaient à nous au début de cette étude (Introduction), nous constatons qu'il nous a été possible d'indiquer le sens général dans lequel des réponses pouvaient être apportées :

La fatigue visuelle du praticien peut être diminuée. Pour cela :

— Il est nécessaire de mieux étudier l'aspect des objets placés dans le champ opératoire ;

— L'intensité et la répartition de la lumière ont une grosse importance : d'une part, il serait souhaitable d'augmenter les valeurs d'éclairement actuellement adoptées ; d'autre part, le champ opératoire doit être uniformément éclairé ; si, toutefois, des écarts de brillance existent, ils ne doivent pas dépasser le rapport 1 à 3 et le point opératoire doit être le point le mieux éclairé ;

— C'est une erreur d'éclairer seulement le champ opératoire, le reste de la pièce étant sombre. Un éclairage d'ambiance doit toujours s'ajouter à l'éclairage local. La meilleure vision et le meilleur confort visuel sont obtenus lorsque la brillance moyenne de la pièce n'est pas inférieure au dixième de la brillance opératoire.

La fatigue visuelle du praticien, par ses répercussions sur la qualité des actes opératoires, méritait une étude attentive dont le malade est, en définitive, incontestablement bénéficiaire.

Le confort visuel du praticien ferait encore l'objet de bien des travaux. C'est pourquoi nous avons insisté à la fois sur le côté pratique et sur le côté méthodologique de la question.

La mise au point des tests applicables aux conditions opératoires et l'étude du confort visuel apporté par les divers appareils d'éclairage représentent un domaine encore peu exploré de par sa situation à la frontière de plusieurs disciplines.

Nous serions heureux que ces problèmes bénéficient d'une nouvelle attention, et que ce travail ait pu indiquer quelques bases de départ pour des recherches ultérieures.

Vu :
Le Doyen,
LÉON BINET.

Vu :
Le Président de Thèse.
M. DECHAUME.

Vu et permis d'imprimer :
Le Recteur
de l'Académie de Paris,
J. SARRAILH.

BIBLIOGRAPHIE

- Important.
- ** Très important.

INTRODUCTION

- ** 1 Matthew LUCKIESH — Light. Vision and Seeing.
Van Nostrand — New-York, 1945.

Eclairage en dentisterie :

- 2 The Dental Lighting Committee — An Engineering Analysis of Dental Office Lighting.
Illuminating Engineering Society, avril 1941, vol. 36, n° 4, p. 474.
- 3 Committee on Lighting Practice of the I.E.S. — The Lighting of Dental Offices.
Illuminating Engineering Society, janvier 1943, vol. 38, n° 1, pp. 24 à 40.

Eclairage en Salle d'opérations et éclairage des hôpitaux :

- 3 bis J. BLIN — Nouveau dispositif d'éclairage chirurgical.
Presse Médicale, mai 1949, n° 32, p. 439.
- 4 W.M.L. COPLIN — Institutional Lighting with Special Reference to Hospitals.
Ill. Engin. Soc., janvier 1912, vol 6, n° 1.
- 5 W.S. KILMER — Hospital lighting.
Ill. Engin. Soc., nov. 1913, vol. 8, n° 8.
- 6 Professeur J.-L. FAURE — Sur l'éclairage dans les opérations chirurgicales.
(Bulletins et Mémoires de la Société de Chirurgie de Paris — juillet 1923, t. 49, n° 24, p. 1.037.)
- 7 N. MACBETH — Hospital Operating Room Lighting with Reproduced Daylight.
Ill. Engin. Soc., 1923, vol. 18, n° 9.
- 8 Professeurs HELLER et SCHNEIDER — Die Theoretischen und Praktischen Grundlagen der Beleuchtung in Operationssälen.
(Bruns 4 Beit zur Klin. Chir., Band 139, Heft 4, 1927.)
- 9 Professeurs COSTANTINI et VERAÏN — Des principes modernes de l'éclairage des salles d'opérations et du champ opératoire.
(Revue de Chirurgie, 1928, t. 66, n° 8, p. 565.)
- 10 H.L. LOGAN — Artificial light as an Aid to Surgery.
Ill. Engin. Soc., avril 1929, vol. 24, n° 4.)
- 11 Bulletin Technique n° 2 — Eclairage Médical et Chirurgical.
Société pour l'amélioration de l'Eclairage, 193...
- ** 12 H.W. ALEXANDER, Fr. B. LEE, L.S. ICKIS Jr. — Lighting in the Hospital — XXXI^e Congrès (sept. 1937, White Sulphur Springs, West Virginia).
Ill. Engin. Soc. (Voir n° 19.)
- 13 J. DOURGNON — Principes des Eclairages sans ombre portée.
Rapport du Congrès des Eclairagistes, Paris, 1937, pp. 245 à 248.
- 14 R. LATARJET — Contrôle de l'Eclairage artificiel en Chirurgie générale.
Rapport du Congrès des Eclairagistes, 1937, pp. 253 à 256.
- 15 Modernizing with light.
Hospital Management, mars 1937, p. 19.
- 16 R. PAGES — Eclairage chirurgical par voûte elliptique (Walter).
Rapport du Congrès des Eclairagistes, 1937, pp. 249 à 252.
- 17 J.-A. RAMADIER — Eclairage Médical.
Rapport du Congrès des Eclairagistes, 1937, pp. 257 à 261.
- 18 WILMOTH — L'éclairage des Salles d'opérations.
Rapport du Congrès des Eclairagistes, Paris, 1937, pp. 241 à 244.
- 19 ALEXANDER - LEE - ICKIS — Lighting in the Hospital.
Trans. of the Ill. Engin. Soc., juin 1938, vol. 33, n° 6, p. 523.
- 20 I. ROSENFELD — Hospitals integrated Design, pp. 240 à 264, Reinhold Publ. Corp. New-York, 1947.
- 21 R.P. SLOAN — Techniques Hospitalières (Paris), n° 9, juin 1946, pp. 17 à 19.
- 22 THOILLIER — La Couleur.
Techniques Hospitalières, n° 25, octobre 1947, p. 25.
- 23 La Santé Publique.
Architecture d'Aujourd'hui, avril 1948.

CHAPITRE PREMIER

(Définition des conditions de travail)

Fatigue, Travail et Organisation en général.

- 24 CHEVALIER (Jean) — Organisation — Tome II (Organisation du travail).
Dunod, 1946.
- 25 DIAKONOW (P. P.) — Les Positions au cours du Travail.
Le Travail Humain, 4^e année, n° 4, déc. 1936.
- 26 G. FRIEDMANN — Machine et Humanisme — Tome II (Les Problèmes Humains du Machinisme Industriel). Paris, 1946.
- 27 LAHY (I.M.) — Le Système Taylor et la Physiologie du Travail professionnel.
Gauthier-Villars, Paris, 1921.

- 28 MORALI (Docteur A.) — SOLOMONIDES D. — Les Accidents et leurs Causes
Cahiers du Comité de Prévention du Bâtiment et des Travaux publics,
n° 2, mars-avril 1948.
- 29 MORIN Georges — Physiologie du Travail Humain.
Masson, 1946.
- * 30 RYAN (Thomas A.) — Work and Effort. The Psychology of Production.
Ronald Press Company, N.Y., 1947.
- 31 VITELES (Morris S.) — Industrial Psychology.
Norton and Co. inc., 1932.
Fatigue, Position de Travail et Organisation en Stomatologie :
- 32 BONSACK — Le Travail assis en Art Dentaire.
Impr. Berichthaus, Zurich, 1935.
- 33 BROCHERE (Fernand) — Les Problèmes de la Pratique quotidienne Odonto-
Stomatologie, 1938.
- 34 BROCHIER (Fernand) — L'Organisation du Travail en Dentisterie.
Semaine Dentaire, 1927.
- * 35 KLEIN H. — Dentist time required to perform dental operations.
Journal of the American Dental Association, août 1947, vol. 35, n° 3, p. 153.
- 36 LEGER - DOREZ — Traité de Prothèse Dentaire, pp. 19-21.
C. ASH, Paris, 1920.
- 37 NESPOULOS — Dentisterie Opératoire.
La Pratique Stomatologique, t. IV, Masson.
- 38 S. PETERSON — Dental Aptitude Testing Program. A report of progress.
Journal of the American Dental Association, 1^{er} août 1947, vol. 35, n° 3,
p. 175.
- 39 S. POPESCO — Notre Agencement professionnel.
1947, L'Information Dentaire, n° 38-39, p. 1.039.
- 40 Docteur RIALLAND — Le Chronométrage et ses incidences dans la pratique
courante.
L'Odontologie, vol. 84, n° 3, mars 1946, p. 70.
- 40 bis Der STEPANIAN — Travaillons-nous assis ?
Information Dentaire, 22 mai 1949, n° 21, p. 661.

CHAPITRE II

(Bases physiques de l'Eclairage)

Optique physiologique

- 41 Professeur Yves LE GRAND — Optique physiologique.
Edit. Revue d'Optique, Paris, 1946.
- 42 Traité d'Ophtalmologie — Tome II. Masson, 1939.

Unités lumineuses et Objets éclairés

- 43 A. BLANC — Rayonnement - Eclairage.
Armand Colin, 1930.
- 44 G.B. BUCK - H.C. FROELICH — Color characteristics of Human Complexions.
Ill. Engin. Soc., janvier 1948, vol. 43, n° 1, pp. 27 à 47.
- 45 Ch. FABRY — Introduction à la Photométrie.
Edit. Revue d'Optique, Paris, 1927.
- 46 G. LEBLANC — Usage et pratique des Unités Photométriques.
Lux, juillet 1947, n° 2, pp. 24-27, et août 1947, n° 3, p. 34.

Sources

- 47 E.D. BOULT — Electric Discharge Lighting in the Silk Industry — Textile Manu-
facturer, avril 1939.
- 48 J. DAUMAIL — Aperçus Médicaux sur l'éclairage par tubes fluorescents.
Thèse, Paris, 1948
- 49 J. DOURGNON — Etat actuel de l'Eclairage naturel en France.
Rapport du Congrès des Eclairagistes, Paris, 1937.
— Mesure de l'Eclairage naturel.
C.E.G.O.S., Groupe E, n° 23, 1^{er} avril 1947.
- 50 S.G. HIBBEN — Germicidal Radiant Energy.
Rapport au Congrès International, Paris, 1948.
- 50 bis M. LAPORTE — Décharge Electrique dans les Gaz.
Armand Colin, 1939.
- 51 M. LEBLANC — Les tubes fluorescents.
Lux 1946, n° 1, p. 4, n° 2, p. 18, n° 4, p. 58, n° 5, p. 82 ; 1947, n° 1, pp. 2 à 7.
- 52 Lighting Service Bureau — Illumination design for Interior. 1947, Electric Lamp
Manufacturers Association, London.
- 53 M. LUCKIESH - Fr. K. MOSS — Vision and Seeing under light from Fluorescent
Lamps.
Ill. Engin. Soc., Feb. 1942, vol. 37, n° 2, pp. 81 à 88.
- 54 M. LUCKIESH - A.H. TAYLOR — Radiant Energy from Fluorescent Lamps.
Ill. Engin. Soc., Feb. 1945.
- 55 H.R. RUFF — Alleged Dangers from Fluorescent Lamps.
Sept. 1947, Talk to Members of the IMEA Council (Angleterre).
- 56 H.C. WESTON — Discussion on Illumination.
Proceedings of the Royal Society of Medicine (Section of Ophtalmology),
nov. 1947, vol. 40, n° 13, pp. 824-827.
- 57 Fluorescent Lighting — Can there be Harmful Effects ?
British Medical Journal, 30th March 1946.

CHAPITRE III

(Etat actuel de l'Eclairage du Praticien)

- 58 Sensibilité des Films en fonction de la longueur d'onde de la lumière.
Feuillets techniques Kodak, avril 1949.

CHAPITRE IV

(Effets psycho-physiologiques de l'Eclairage)

Convention :

- a tests directs,
- b tests de fatigue,
- c tests indirects,
- d pratique industrielle,
- e généralités.

- | | | | |
|------|--------|------|---|
| 1916 | 59 | b | P.G. NUTTING — Effets of Brightness and Contrast in Vision. Trans. Ill. Engin. Soc. (London), 1916, vol. 11, p. 939. |
| 1922 | 60 | d | WESTON (H.C.) — Study of efficiency in fine linen weaving. (Industrial Health Research Board N° 20.) H.M.S.O., 1922. |
| 1925 | 60 bis | d | M. LUCKIESH - Fr. K. MOSS — The rate of Visual Work on alternating Fields of Different Brightnesses.» Journal of the Franklin Institute 200, 1925, p. 731. |
| 1926 | 61 | b | P.W. COBB - Fr. K. MOSS — The Fixational Pause of the Eyes. Journ. of Experimental Psychol, vol. 9, 1926, p. 359. |
| | 62 | a, c | LYTHGOE (R.J.) — Reports of the Committee on the Physiology of Vision : 1 — Illumination and visual capacities. (Special Report Series n° 104.) H.M.S.O., 1926. |
| | 63 | a, d | WESTON, H.C. and TAYLOR, A.K. — Relation between illumination and efficiency in fine work (typesetting by hand). Joint report of the industrial Health Research Board and the Illumination Research Committee of the D.S.I.R. H.M.S.O., 1926. |
| 1927 | 64 | c, d | WESTON (H.C.) — Relation between illumination and efficiency in fine processes, with special reference to the lighting of printing works. Light and Lighting, 1927, 20, pp. 221-226. |
| 1928 | 64 bis | | P.W. COBB - Fr. K. MOSS — The Effect of Dark Surrounding upon Vision. Journ. of the Franklin Institute, 1928, 206, p. 827. |
| 1929 | 65 | a | STILES (W.S.) — Effect of glare on the brightness difference threshold. D.S.I.R. Illumination Research. Technical Paper n° 9, H.M.S.O., 1929. |
| 1932 | * 66 | a | R. J. LYTHGOE — The Measurement of Visual Acuity. Medical Research Council, Special Report Series, n° 173, H.M.S.O., 1932. |
| 1933 | 67 | b | M. LUCKIESH - Fr. K. MOSS — Size of pupil as a Possible Index of Ocular Fatigue. American Journ. of Optalm., 1933, vol. 16, p. 393. |
| | 67 bis | b | M. LUCKIESH - Fr. K. MOSS — A Correlation between Illumination Intensity and Nervous Muscular Tension resulting from Visual Effort. Journ. of Experimental Psychology, 1933, vol. 16, p. 540. |
| 1934 | 68 | e | J.P. GUILFORD — Journ. of Experimental Psychology, 1934, vol. 17, pp. 342-370. |
| 1935 | 69 | b | M. LUCKIESH - Fr. K. MOSS — Fatigue of Convergence Induced by Reading as a Function of Illumination Intensity. American Journal of Ophthalmology, 1935, vol. 18, p. 319. |
| | 70 | b | M. LUCKIESH - Fr. K. MOSS — Fatigue of Extrinsic ocular muscles while reading under sodium and tungsten light. Journ. of Opticl. Soc. of Amer., 1935, vol. 25, p. 216. |
| | 70 bis | b | M. LUCKIESH - Fr. K. MOSS — The effect of Visual Effort upon the Hearth Rate. Journ. of General Psychol., 1935, vol. 13, p. 131. |
| | 71 | c | WESTON (H.C.) — Relation between illumination and industrial efficiency. 1 — The effect of size of work. (Joint report of the Industrial Health Research Board and the Illumination Research Committee of the D.S.I.R.) H.M.S.O., 1935. |
| 1936 | 72 | e | HEARNshaw — Psychology of Colour. Oil and Colour Trades Journal, janvier 1936. |
| | 73 | e | R.J. LYTHGOE — Visual Perceptions under Modern Conditions. Trans. I.E.S., London, janv. 1936. |
| 1937 | 74 | e | R.J. LYTHGOE — Medical Research Council, Report Committee upon physiology of Vision, London, 1937. |
| 1938 | * 75 | d | WESTON (H.C.) — Effects of conditions of artificial lighting on the performance of worsted weavers. (I.H.R.B. Rap. n° 81.) H.M.S.O., 1938. |

- 1939 76 a M. LUCKIESH - Fr. K. MOSS — Contrast sensitivity as criterium of visual efficiency at Low Brightness levels. (American Jnl of Ophthalmology, 1939, vol. 22, p. 274.)
- ** 77 b M. LUCKIESH - Fr. K. MOSS — Frequency of Blinking as a Clinical Criterion of Ease of Seeing. (Amer. Jnl of Ophthalmology, 1939, vol. 22, p. 616.)
- 1940 78 b M. LUCKIESH - Fr. K. MOSS — Researchs Involving Blink Rate as Criterion of Ease of Seeing. Ill. Eng. Soc. Amer., 1940, vol. 35, p. 19.
- 79 c M. LUCKIESH - Fr. K. MOSS — Some Effects of Illumination on Reading Efficiency. Ill. Eng. Soc. Amer., 1940, vol. 35, p. 703.
- 80 c, e M. LUCKIESH - Fr. K. MOSS — Effects of Classroom lighting upon educational Progress and visual Welfare of School Children. Ill. Eng. Soc. Amer., 1940, vol. 35, p. 915.
- 81 d Ministry of Labour and National Service. — Lighting in factories. 5th report of the Departmental Committee. H.M.S.O., 1940.
- 1941 82 d, e M. LUCKIESH - HARRISON — Comfortable lighting. Ill. Eng. Soc. Amer., décembre 1941, vol. 36, pp. 1109 à 1128.
- 83 d, e WESTON (H.C.) — Industrial lighting in reconstruction. Trans. Illum. Engin. Soc., déc. 1941, vol. 6, pp. 143 à 153.
- 84 e WESTON (H.C.) — Industrial lighting in wartime. Trans. Ill. Eng. Soc., janv. 1941, vol. 6, pp. 1 à 14.
- 1942 85 d HOLDSWORTH T.C. - HOWELL J.W. and JACKSON J.H. Lighting in the woollen and worsted industry. Trans. Illum. Engin. Soc. 1942, vol. 7, pp. 81 à 95.
- 86 a, b M. LUCKIESH - Fr. K. MOSS — Light and Vision. Amer. Jnl of Optometry, janv. 1942, vol. 19, n° 1, pp. 5 à 15.
- 86 bis e LUCKIESH - Fr. K. MOSS — The Handbook of Medical Physics, 1942, Otto Glasser édit.
- 87 d Recommended Practice of Industrial Lighting. Ill. Eng. Soc. Amer., mai 1942, vol. 37, p. 275.
- 88 d Recommended Practice of Office Lighting. Ill. Eng. Soc. Amer., sept. 1942, vol. 37, p. 449.
- 1943 89 e Colour and Health — The Decorator, 1943, n° 495, p. 49.
- 90 d HOWELL (J.W.) — Lighting in cotton industry. Trans. Illum. Engin. Soc., 1943, vol. 8, pp. 75 à 96.
- 91 d, e Industrial Health Research Board. — Ventilation and heating ; Lighting and seeing. Pamphlets n° 1. H.M.S.O., 1943.
- 92 d, e SAWYER (E.B.) — Lighting and labour. Electr. Review, 1943, vol. 133, pp. 465 à 468.
- * 93 a, c, d WESTON (H.C.) — Illumination and industrial efficiency. Tr. Ophth. Soc. U. Kingdom, 1943, vol. 36, pp. 113 à 116.
- * 94 e WESTON (H.C.) — Proposals for a new lighting code. Trans. Illum. Engin. Soc., Feb. 1943, vol. 8, p. 17.
- 1944 95 e Annual Report of the Chief Inspector of Factories Colour, 1944, p. 51, His Majesty's S. O.
- 96 d Report n° 1 of the Committee of Standards of Quality and Quantity for Interior Illumination. Brightness and Brightness Ratios. Ill. Eng. Soc. Amer., décemb. 1944, vol. 39, p. 720.
- * 97 a, b, c, d, e WESTON (H.C.) — Brightness, well-being and work, Brit. J. Indust. Med., 1944, vol. 1, pp. 180-196.
- 1945 98 d Annual Report of the Chief Inspector of Factories, Colour, 1945, p. 23. H.M.S.O.
- 99 a, e CAPEL (E.H.) — Seeing the job. Brit. Jnl Phys. Med. 1945 N.S., vol. 8, pp. 105 à 111.
- 100 e Recommended Practice of Home Lighting. Ill. Eng. Soc. Amer., juin 1945, vol. 40, p. 339.
- 101 e WESTON (H.C.) — Lighting and health. Trans. Illum. Engin. Soc., 1945, vol. 10, pp. 237 à 245.
- * 102 c WESTON (H.C.) — Relation between illumination and visual efficiency — the effect of brightness contrast. I.H.R.B. Rap. n° 87. H.M.S.O., 1945.
- 1946 103 d Annual Report of the Chief Inspector of Factories. Colour, 1946, p. 31. H.M.S.O.
- ** 104 d, e British Colour Council — Colour and Lighting in Factories and Offices, 1946. (Exemples en couleur.)
- 105 d, e J. BRUNE — L'Eclairage outre-Atlantique. Lux, 1946, n° 1, p. 10.
- * 106 a, e G. LEBLANC — Tests sur les Eclairages de Couleur. Lux. décembre 1946, n° 5, p. 74.
- 107 d J.A. MEACHAM — Paint for production. Scientific American, sept. 1946, p. 123.
- 1947 ** 108 a, d British Colour Council — Colour and lighting in Factories and Offices. British Colour Council.
- 109 d Colour in Factories — British Medic. Jnl, 1947, n° 4500, p. 459.
- 110 d G.R. COOPER — Colour Psychology and Industrial Efficiency. Machinery Lloyd, 16-8-1947.
- 111 a, b, c, e Cl. KELLERSHOHN — Economies de la Vision. Thèse. Paris, 1947.

- 112 a, e Lighting Service Bureau - Illumination design for interiors L.S.B., 1947.
- 113 d Ministry of Fuel and Power — Memorandum on Mines (lighting) General Regulations, 1947. H.M.S.O.
- 114 d, e NELSON (J.H.) — Decoration and industrial lighting. Trans. Illum. Engin. Soc., 1947, vol. 12, p. 193.
- 115 a, e WESTON (H.C.) — Discussion on illumination. Proc. Royal Society Med., 1947, vol. 40, pp. 824 à 827.
- 116 d W.D. WRIGHT — Colour in Illuminating Engineering. Trans. Illum. Engin. Soc., London, 1947, vol. 12, p. 1.
- 1948 117 d, e DERIBERE — Le problème de la Couleur dans l'Eclairage moderne. Lux, 1948, n° 1, p. 12.
- 118 d HOWELL (J.W.) — Experimental lighting for rayon weaving. Jnl Textile Instit., 1948, vol. 39, pp. 487 à 500.
- 119 a, b, d, c, e Dr R.G. HOPKINSON — Brightness, Contrast and Glare Report of the Royal Instit. of British Architects. Novemb. 1948, p. 38.
- 120 d, e Lighting Service Bureau — Interior lighting design. Electric Illumination Handbook n° 2. L.S.B. 2, Savoy Hill, London W.C. 2, 1948.
- 121 d, e Lighting Service Bureau — Light and Colour. Technical Supplement n° 3. L.S.B., 1948.
- 122 d Lighting Service Bureau — Lighting for the Hosiery industry. Technical Supplement n° 2. L.S.B.
- 123 d Lighting Service Bureau — A memorandum on lighting in industry. L.S.B., 1948.
- 124 d, e Dr T.M. LING — Environmental factors in relation to industrial Absenteeism. Report of the Royal Instit. of British Architects, nov. 1948, p. 10.
- 125 d E.B. SAWYER — Industriel Lighting. Report of the Royal Instit. of British Architects, nov. 1948, p. 48.
- 126 d B. SHEPPARD — Design and the Welfare of the Industrial Worker. The Architect and Building News, sept. 1948, p. 263.
- 127 c WESTON (H.C.) — Effect of age and illumination upon visual performance with close sights. Brit. Jnl Ophthal. sept. 1948, vol. 32, pp. 645 à 653.

SOCIÉTÉ INDUSTRIELLE
D'IMPRIMERIE
10, RUE LOUISE-MICHEL
LEVALLOIS-PERRET
